FZK
Forschungszentrum Küste

Rückblick und Ausblick auf zwei Jahrzehnte HYDRALAB

Forschung zum Sedimenttransport im Rahmen eines großen EU-Verbundprojekts

Stefan Schimmels, Forschungszentrum Küste (FZK)

Leibniz Universität Hannover

Technische Universität Braunschweig

Einführung

hydralab

- HYDRALAB ist ein europäisches Infrastruktur Netzwerk, das 1997 von Europas führenden Institutionen im wasserbaulichen Versuchswesen gegründet wurde.
- Vorrangiges Ziel am Anfang: Europäischen Wissenschaftlern den Zugang zu den großen Infrastrukturen erleichtern und diese besser vernetzen.
- Dies ist auch heute noch ein Ziel, aber der Fokus liegt jetzt mehr auf der Verbesserung von Versuchs- und Messtechniken.
- Inhaltlicher Schwerpunkt schon immer: Versuche mit Wellen und Seegang.
- <u>FZK mit GWK von Beginn an einer der größten und bedeutendsten Partner.</u>

Einführung

hydralab

Projekt	Laufzeit	Anz. Partner	Gesamtbudget	Anteil FZK
HYDRALAB I	*1997 – 2000*	*8*	*-*	*-*
HYDRALAB II	*2000 – 2004*	*15*	*-*	*-*
HYDRALAB III	2006 – 2010	20	11.8 Mio. €	10.0 %
HYDRALAB IV	2010 – 2014	22	8.5 Mio. €	10.7 %
HYDRALAB+	**2015 – 2019**	**24**	**10.0 Mio. €**	**10.0 %**

Einführung

hydralab

- **Networking Activities**

  Halbjährliche Projekttreffen, Ausarbeitung von Studien und Empfehlungen, kostenfreie Workshops zur Aus- und Weiterbildung.

- **Joint Research Activities**

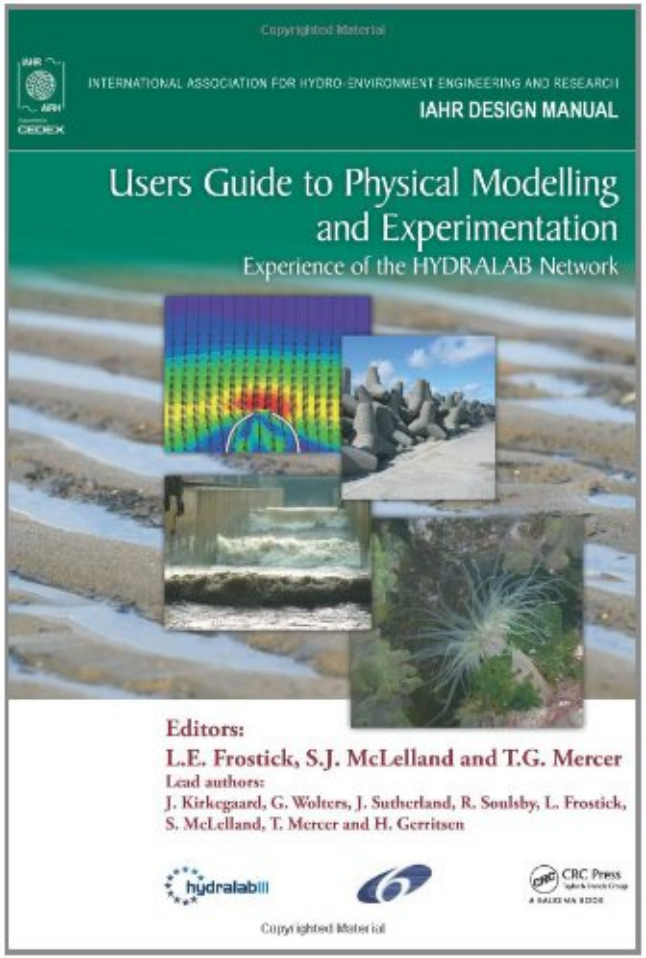
  Neu- und Weiterentwicklung von Versuchs- und Messmethoden zur Verbesserung des Services der Forschungseinrichtungen.

- **Transnational Access**

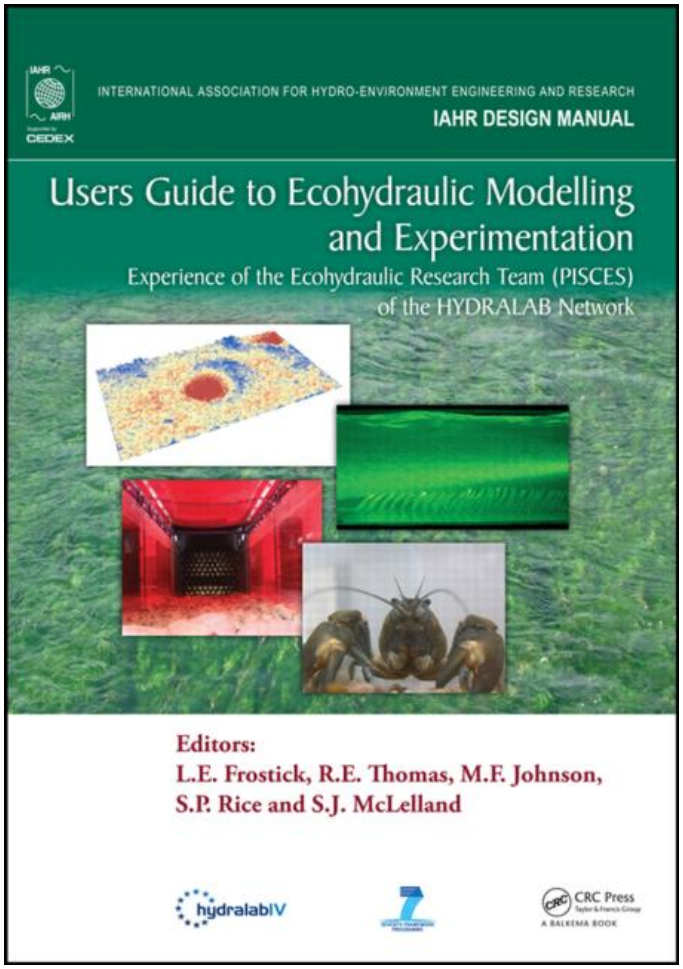
  Möglichkeit für europäische Forschergruppen zur Nutzung erstklassiger und einzigartiger Versuchseinrichtungen in Europa.

Networking Activities

hydralab III



hydralab IV



Joint Research Activities

hydralab III

- **CoMIBBS** (**Co**mposite **M**odelling of the **I**nteraction **B**etween **B**eaches and **S**tructures)
- **SANDS** (**S**caling and **A**nalysis and **N**ew instrumentation for **D**ynamic bed **T**est**S**)

hydralab IV

- **PISCES** (**P**rotocols and **I**n**S**trumentation for **C**ombined hydraulic and **E**cological model**S**)
- **WISE** (**W**ater **I**nterface **S**ediment **E**xperiments)
- **HyReS** (**Hy**draulic **Re**sponse of **S**tructures)
- **RADE** (**R**emote **A**ccess to **D**ata and **E**xperiments)

hydralab+

- **RECIPE** (**RE**presenting **C**limate Change **I**n **P**hysical **E**xperiments)
- **COMPLEX** (**C**ross disciplinary **O**bservations of **M**orphodynamics and **P**rotective structures, **L**inked to **E**cology and e**X**treme events)
- **FREE Data** (**F**acilitating the **R**e-use and **E**xchange of **E**xperimental **D**ata)

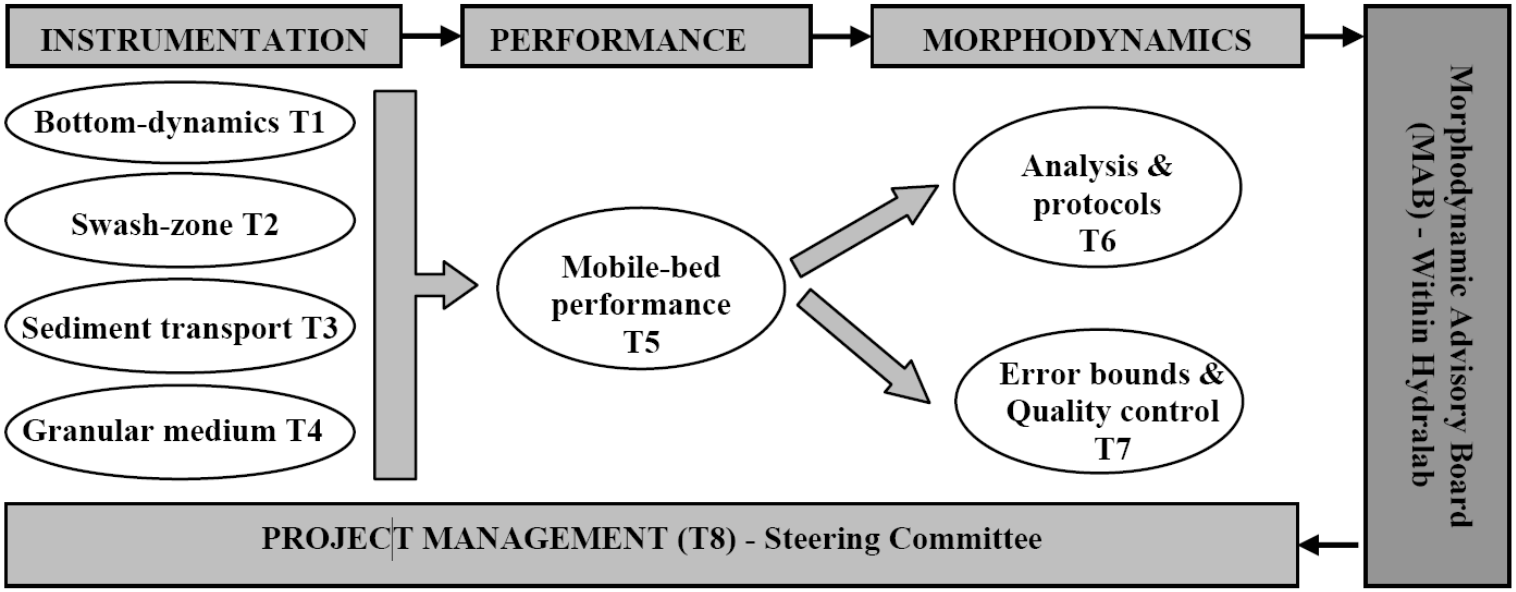
hydralab III

SANDS

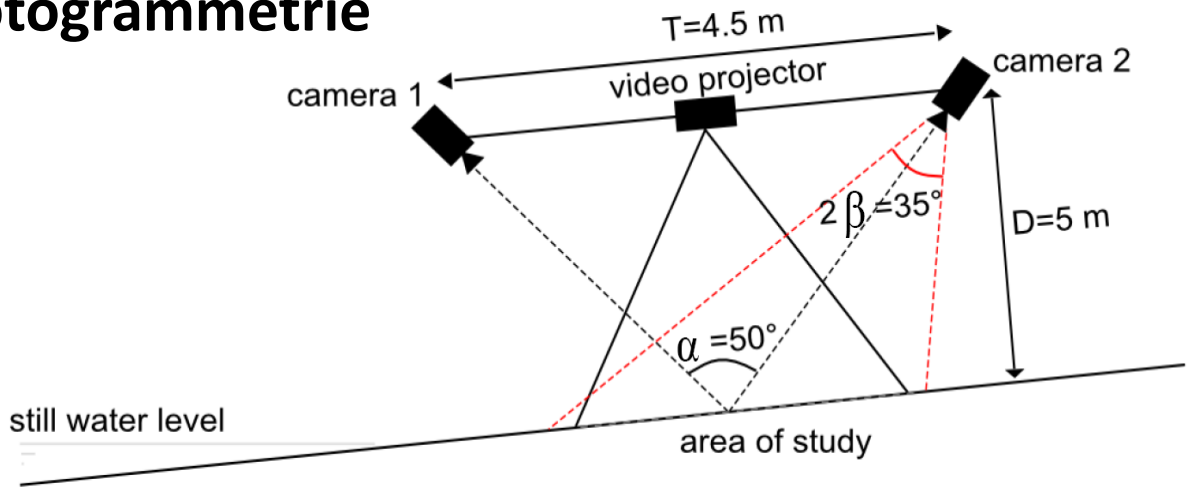
Scaling and **A**nalysis and **N**ew instrumentation for **D**ynamic bed **T**est**S**

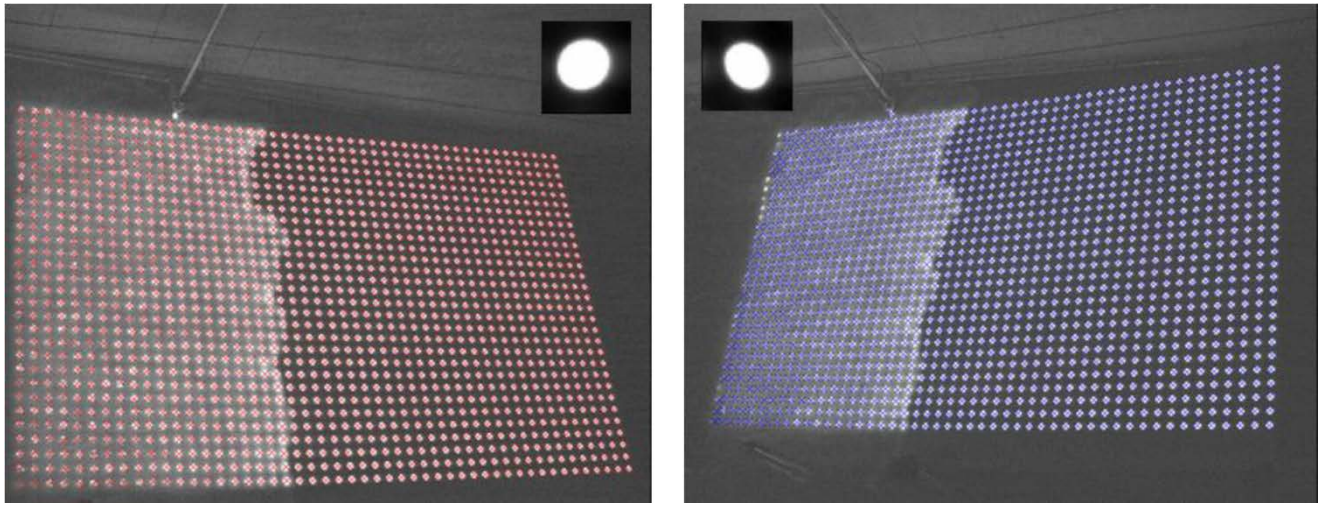
Scaling, **A**nalysis and **N**ew instrumentation for **D**ynamic bed test**S**

- Entwicklung und Erprobung neuer Messmethoden
- Skalierungseffekte bei morphodynamischen Versuchen mit Fokus auf erosiven Wellenbedingungen



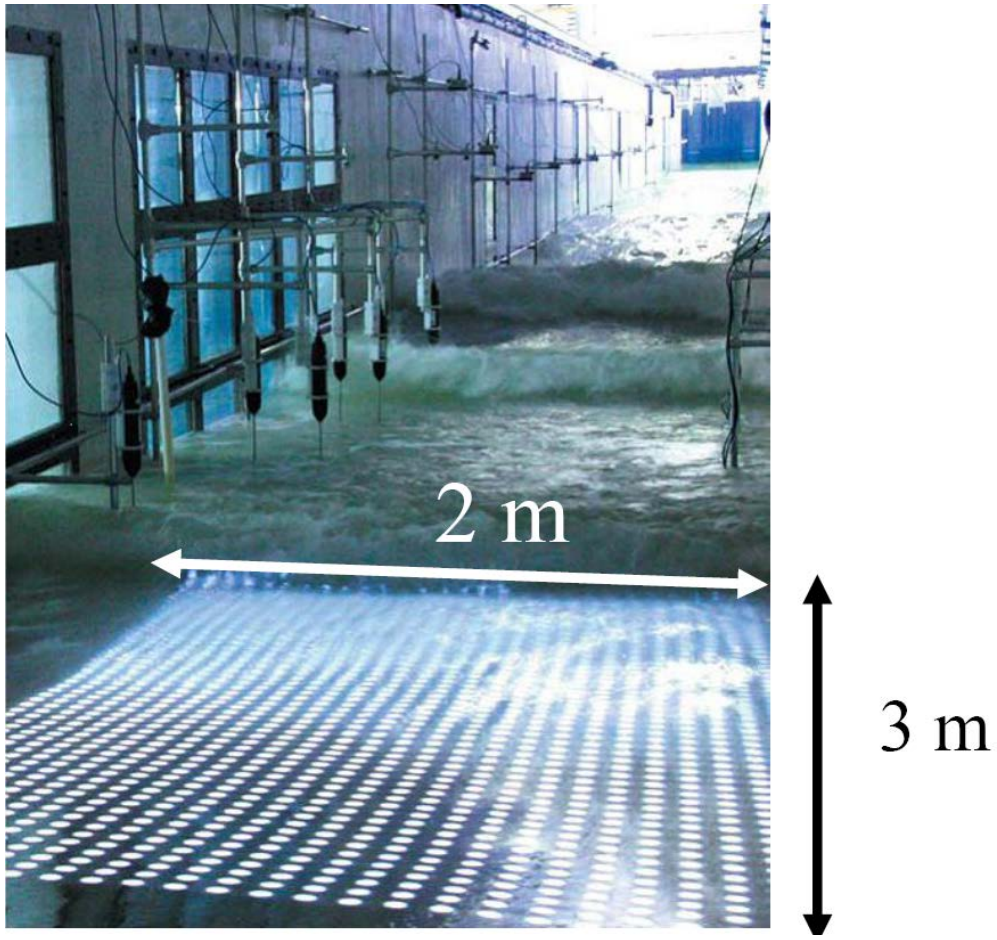
Stereophotogrammetrie





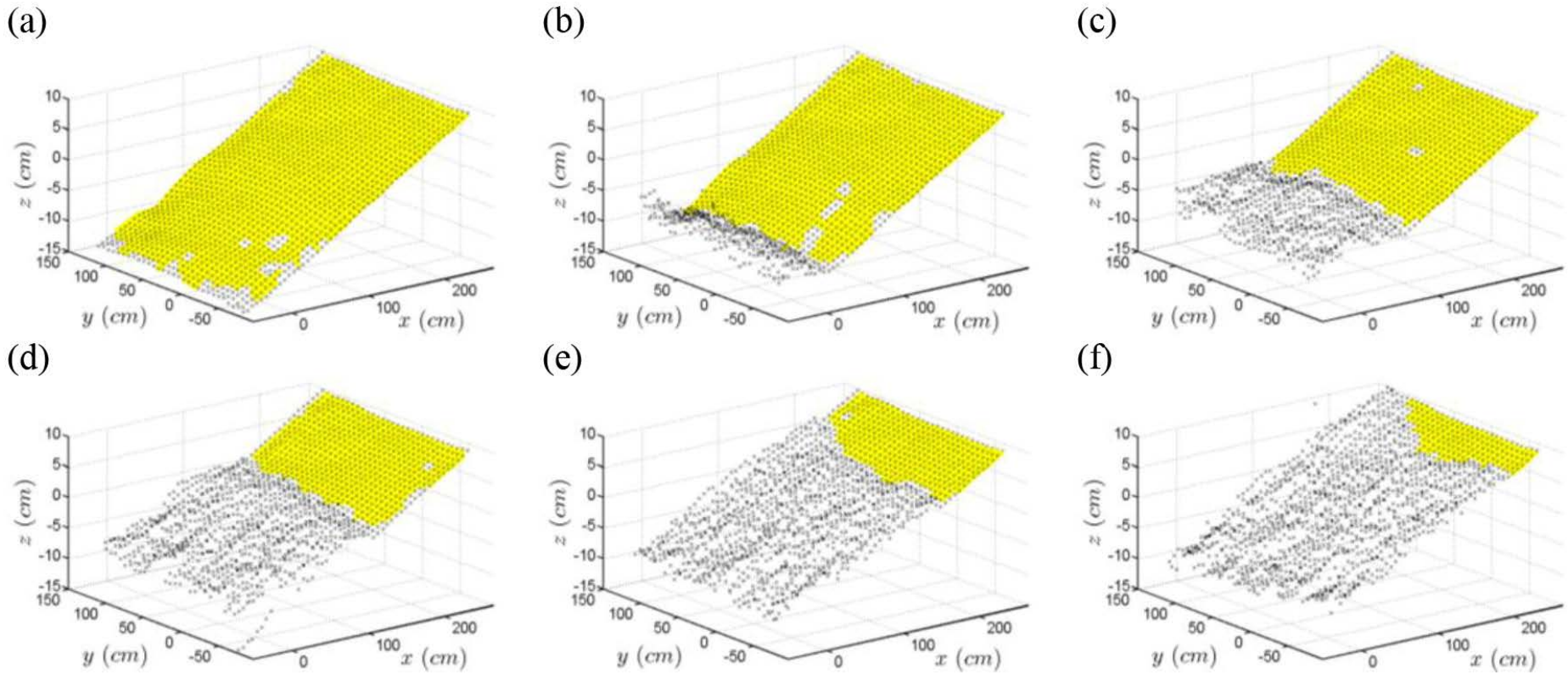
Astier et al. (2012)

Stereophotogrammetrie



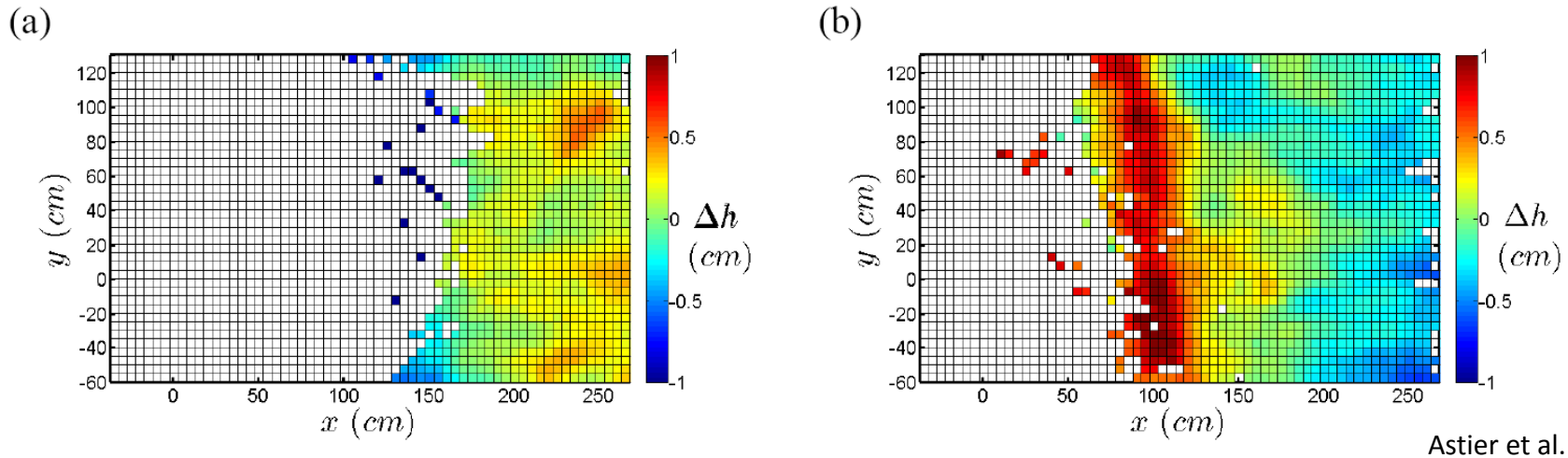
Astier et al. (2012)

Stereophotogrammetrie



Astier et al. (2012)

Stereophotogrammetrie

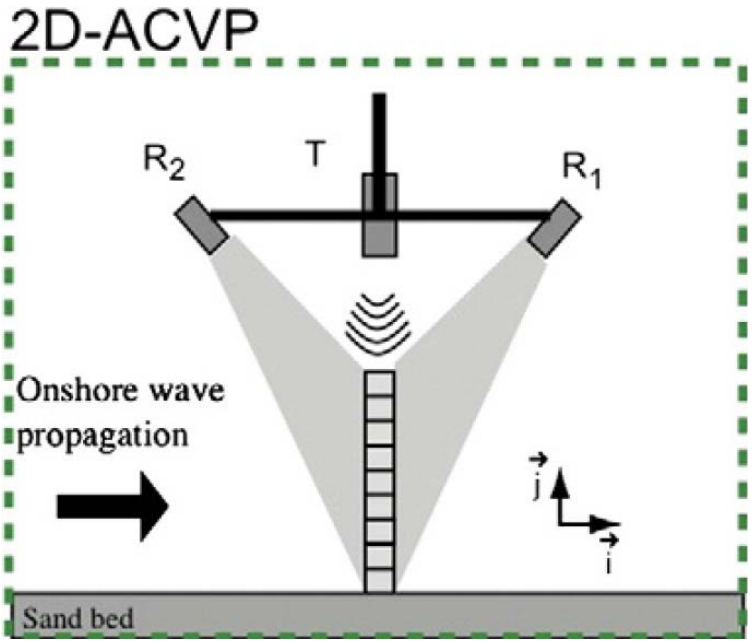


Astier et al. (2012)

- Hochgenaue Messung der Wasser- und Sandoberfläche möglich (RMSE < 1 mm)
- Sehr speicherintensiv (6-7 MB/Bild/Kamera)
- --> Relativ kurze Aufnahmezeiten (damals: 1 min bei 5 Hz = 2 GB)
- Aufwändiges Postprocessing

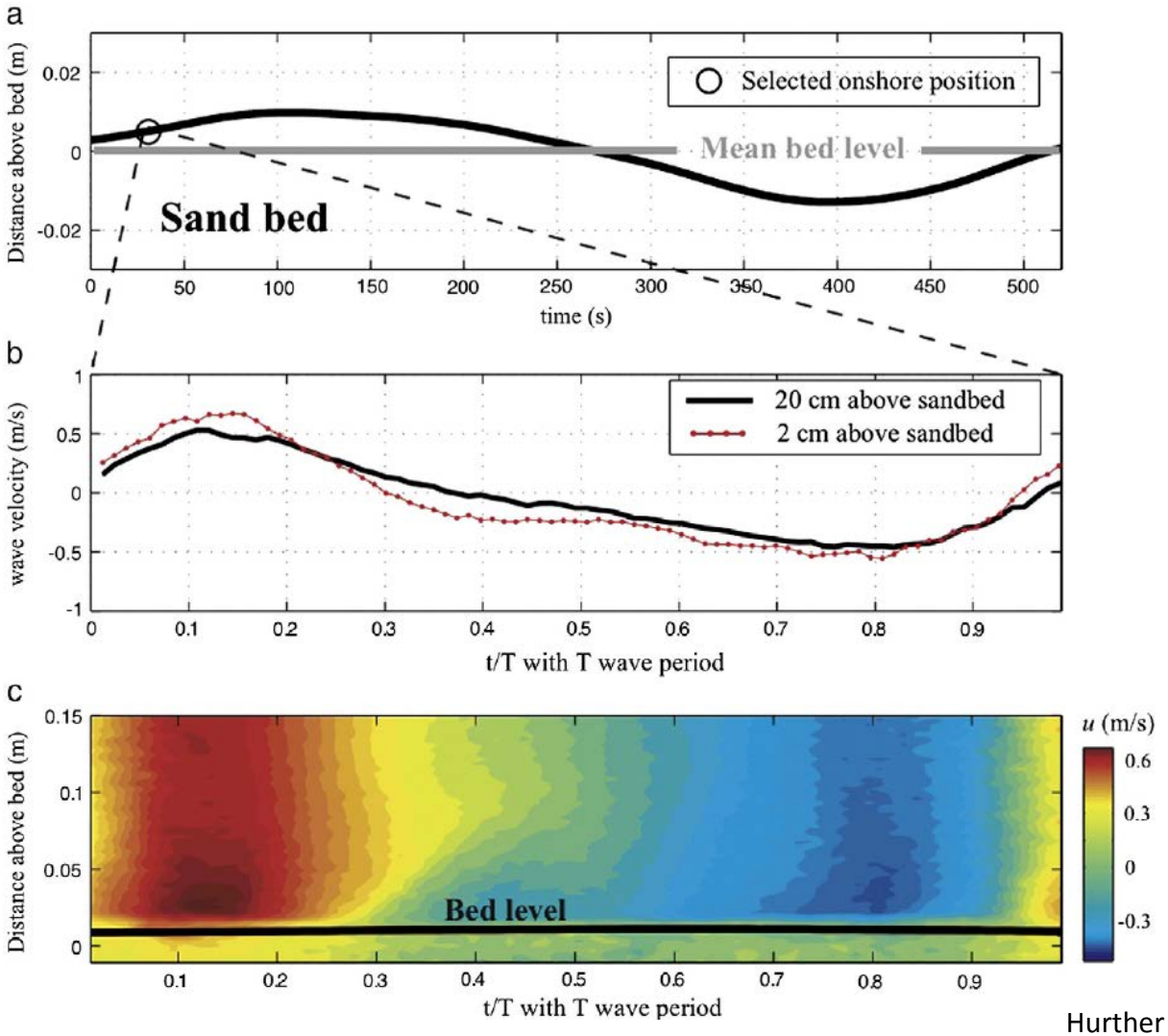
2D-ACVP

- **A**coustic **C**oncentration **V**elocity **P**rofiler
- Kombination von ADVP (Acoustic Doppler Velocity Profiler) und ABS (Acoustic Backscatter System) Technologie
- --> Gleichzeitige Messung von Geschwindigkeit und Konzentration
- 1 Sender, 2 Empfänger --> 1D2C
- Trägerfrequenzen: 1 – 2 MHz
- Profilhöhe: 10 – 20 cm
- Auflösung: dt = 40 ms, dz = 3.0 mm



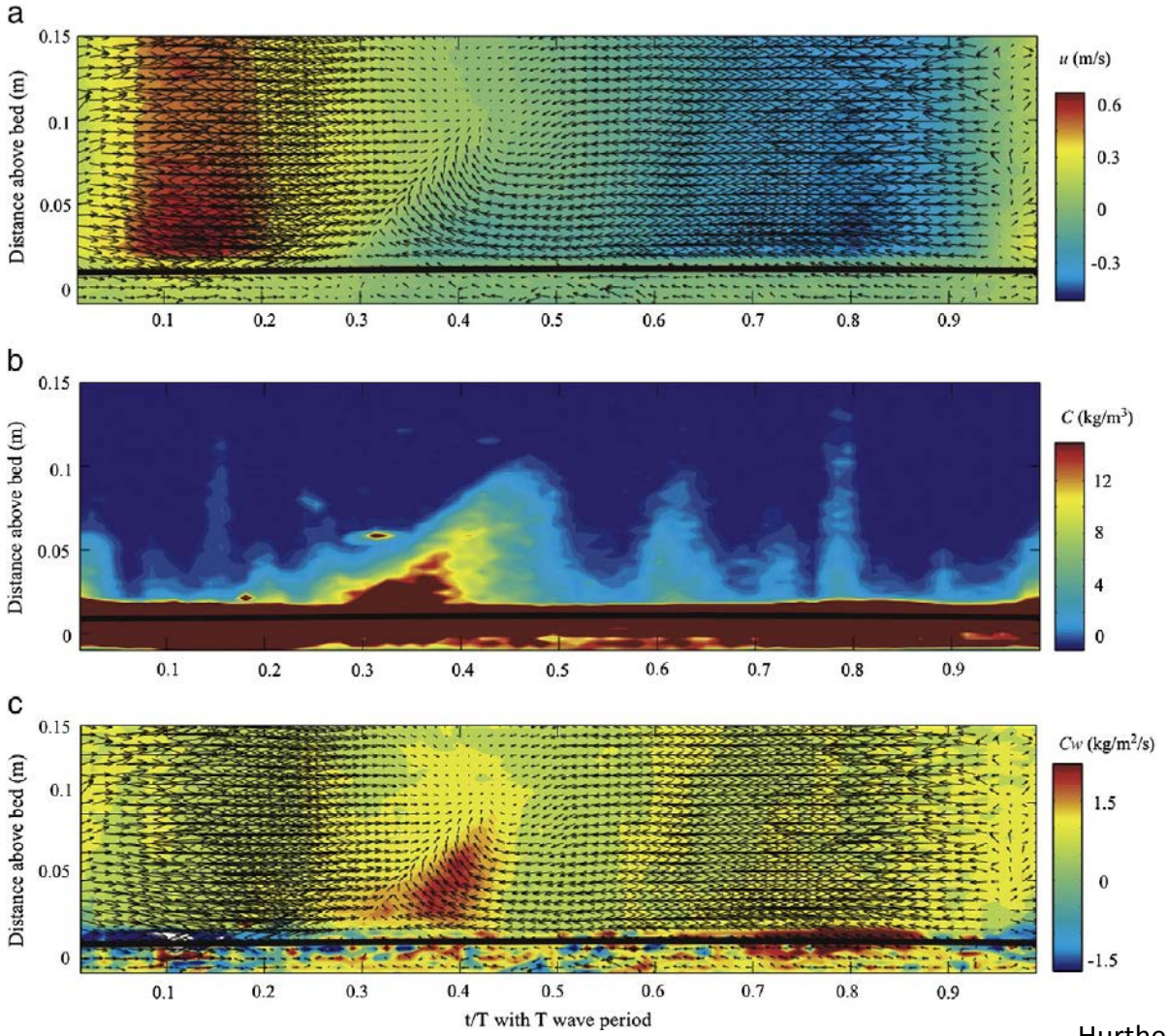
Hurther et al. (2011)

2D-ACVP



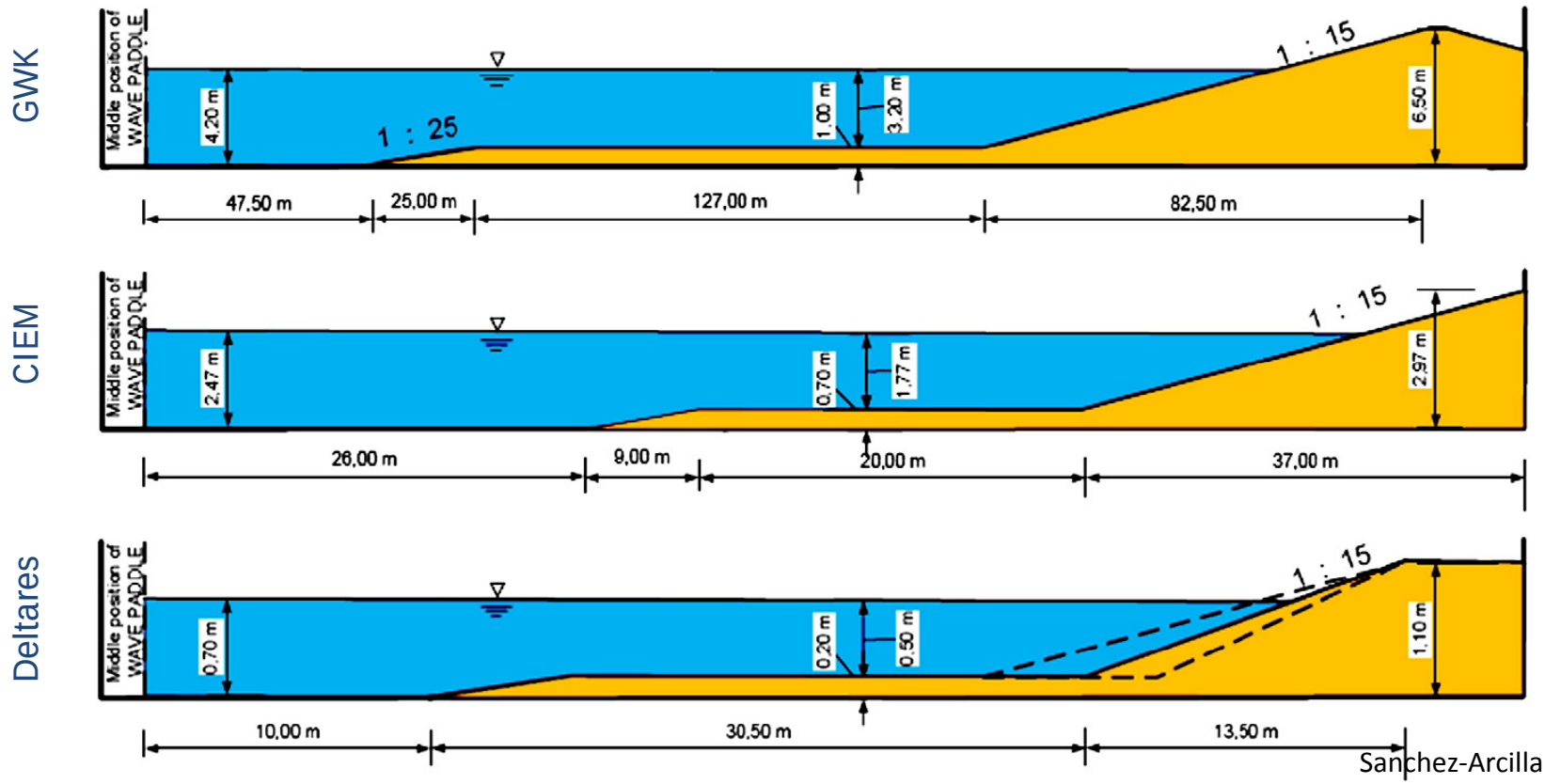
Hurther et al. (2011)

2D-ACVP



Hurther et al. (2011)

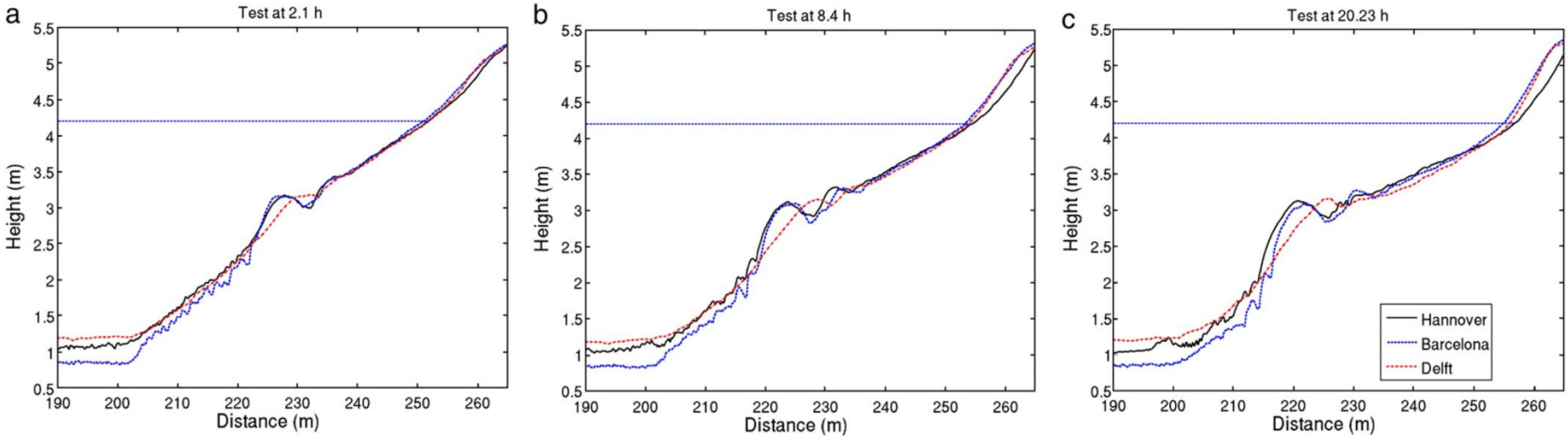
SANDS – Experimente

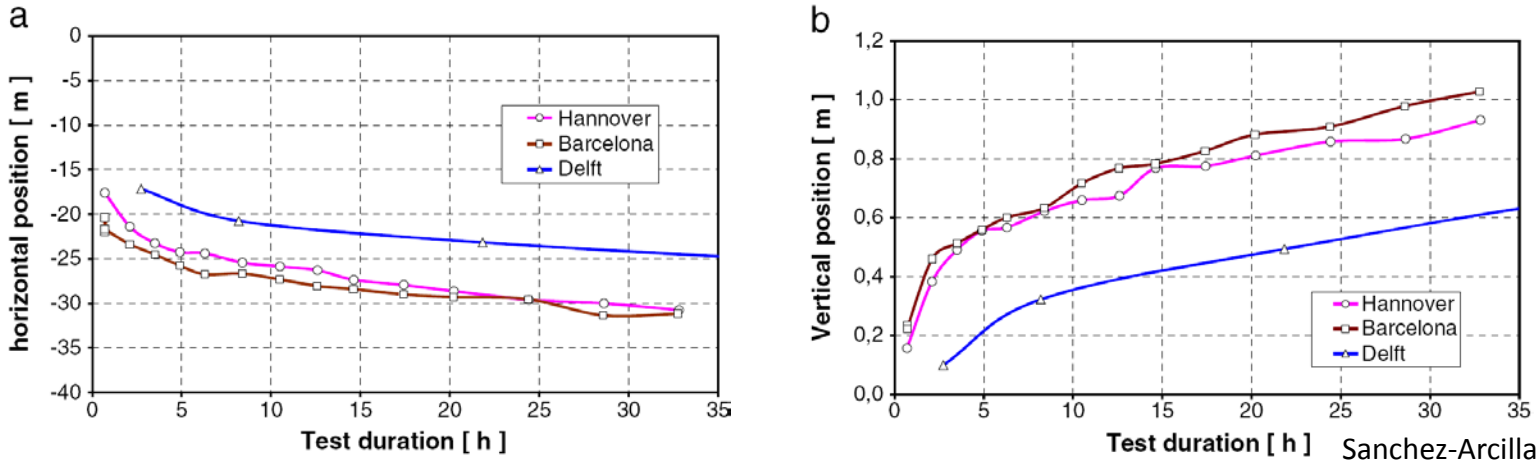


Sanchez-Arcilla et al. (2011)

	Länge (m)	Breite (m)	Tiefe (m)	Strandneigung	D_{50} (mm)	Skalierung
GWK	300	5	7	1:15	0.28	Prototyp
CIEM	100	3	5	1:15	0.25	1:1.9
Deltares	50	1	1.2	1:10,1:15,1:20	0.128	1:6

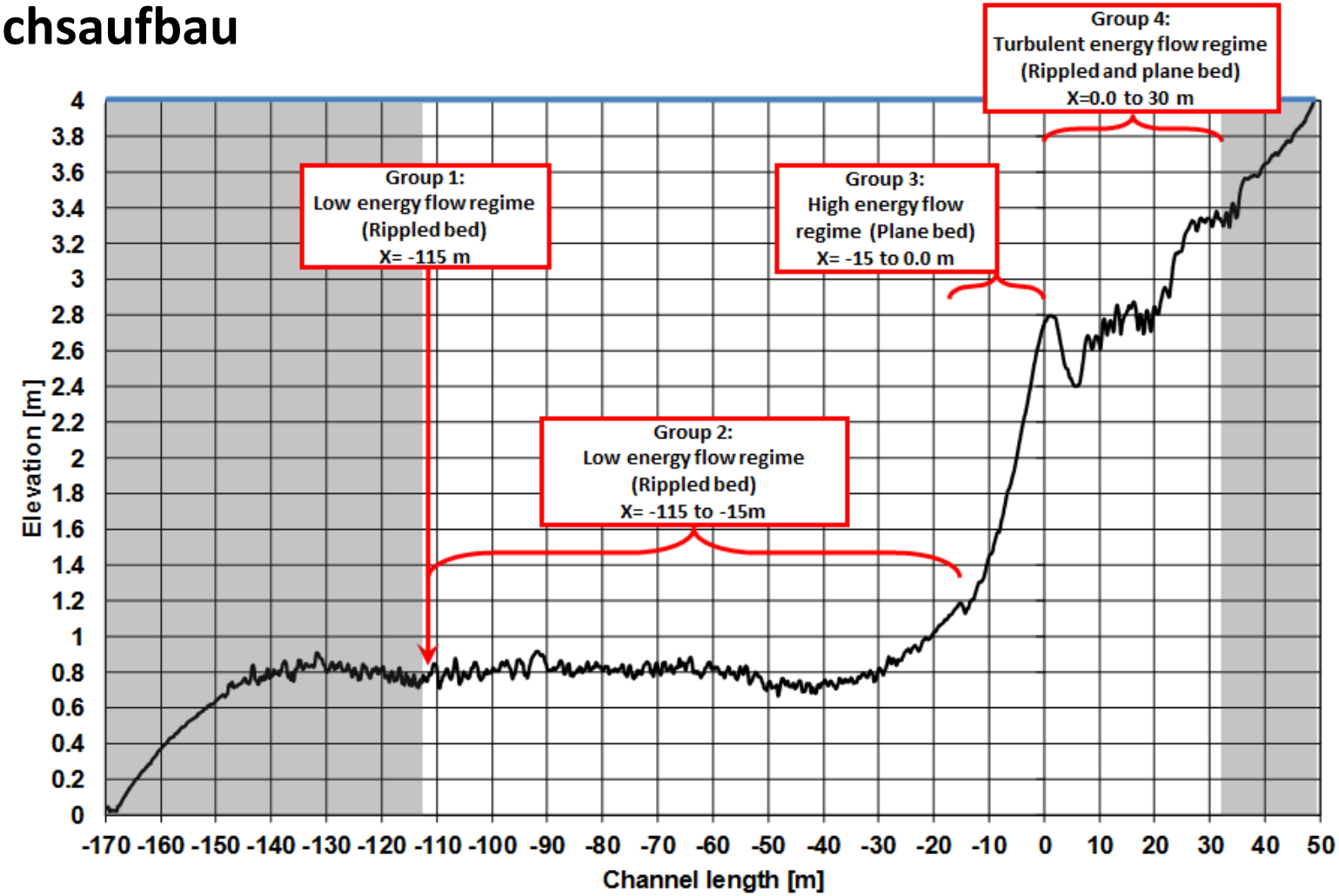
Skalierungseffekte





Sanchez-Arcilla et al. (2011)

Versuchsaufbau



Ahmari (2012)

Versuchsaufbau

<u>Sedimentkonzentrationen:</u>

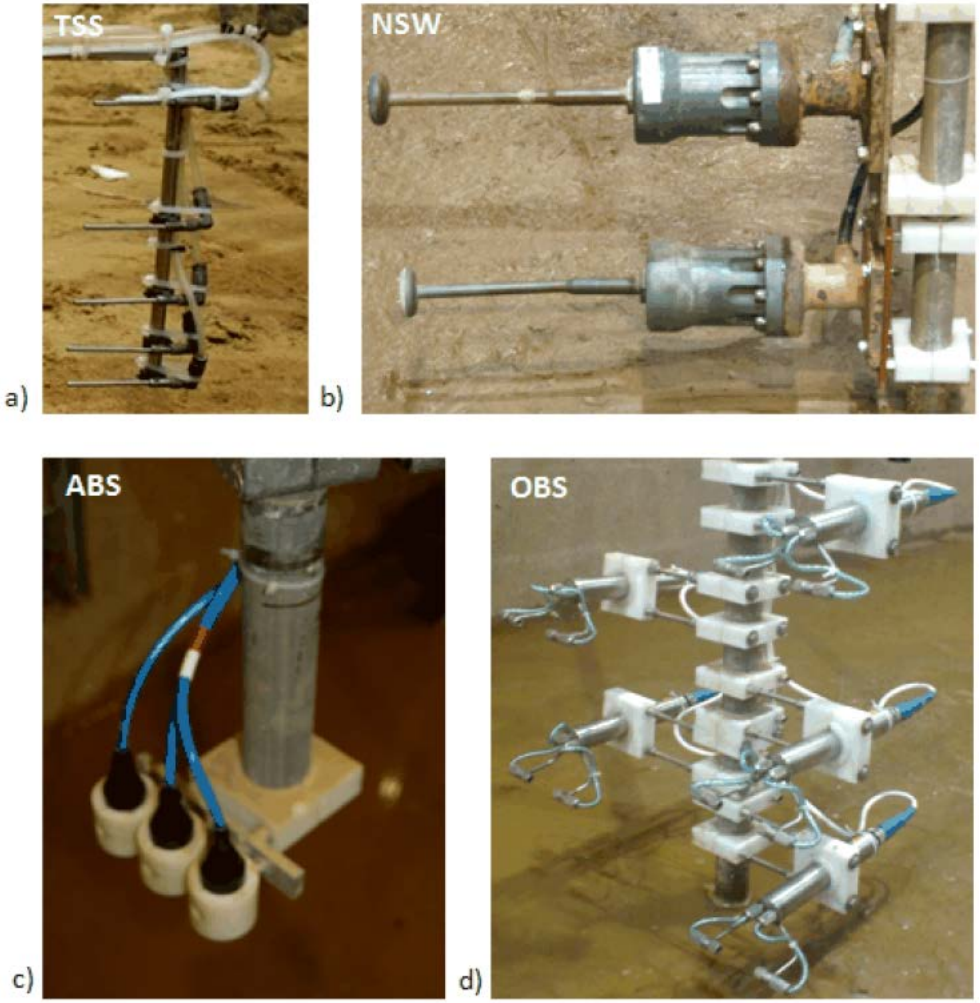
ABS (Acoustic Backscatter System)
Profil, zeitlich aufgelöst

OTM (Optical Turbidity Meter)
punktuell, zeitlich aufgelöst

TSS (Transverse Suction System)
punktuell, zeitlich gemittelt

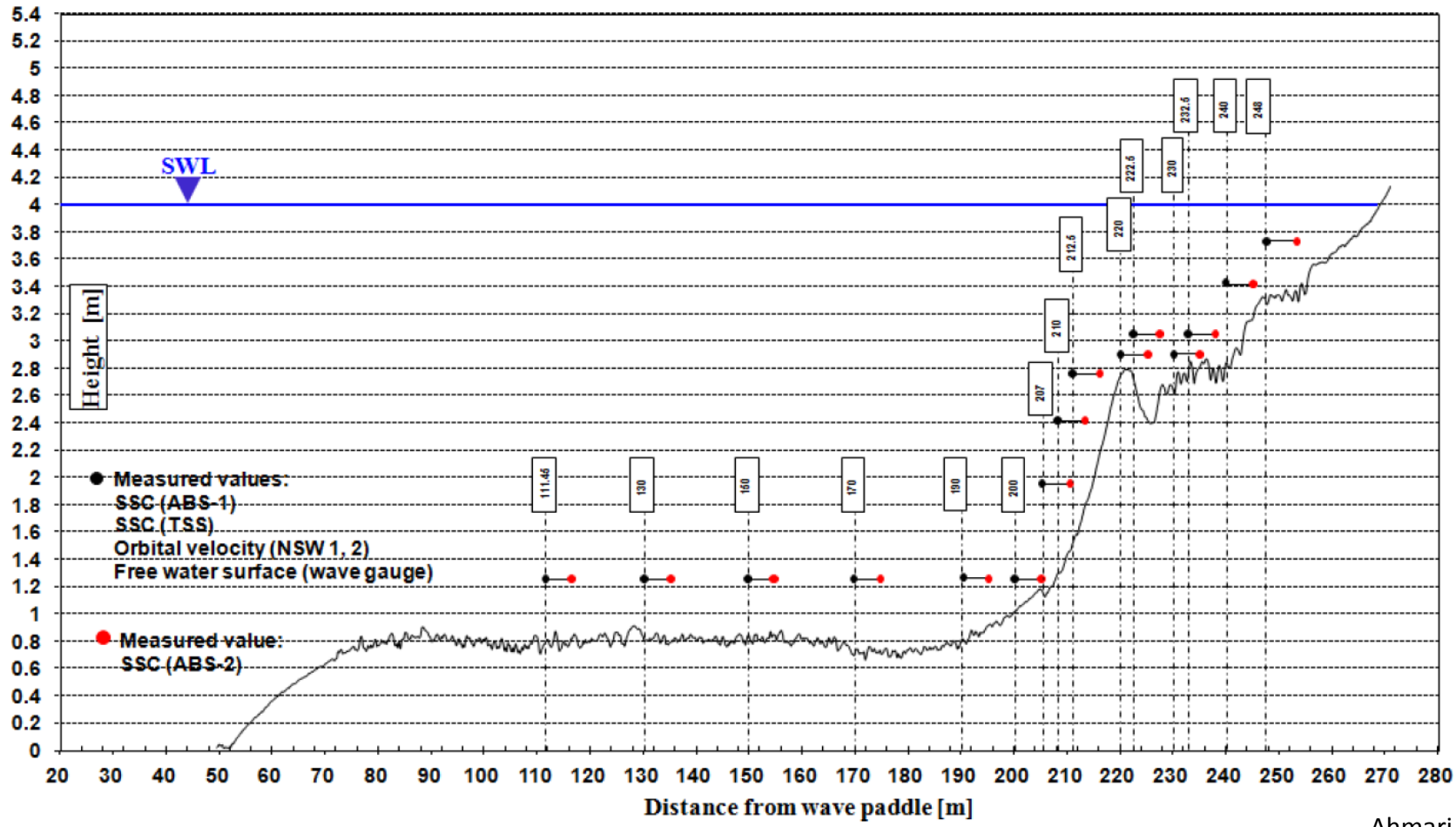
<u>Geschwindigkeiten:</u>

2D elektromagnetisch
punktuell, zeitlich aufgelöst



Ahmari (2012)

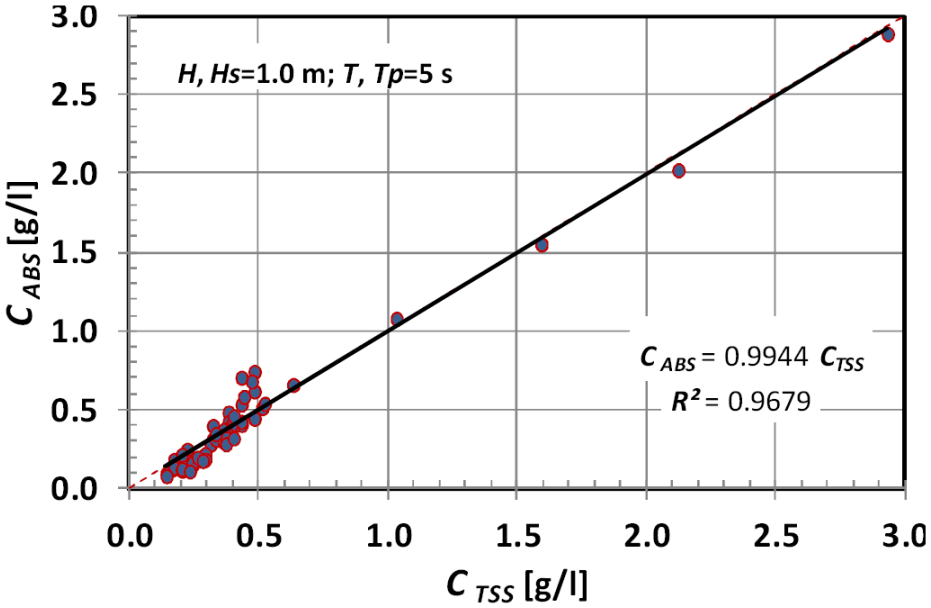
Versuchsaufbau



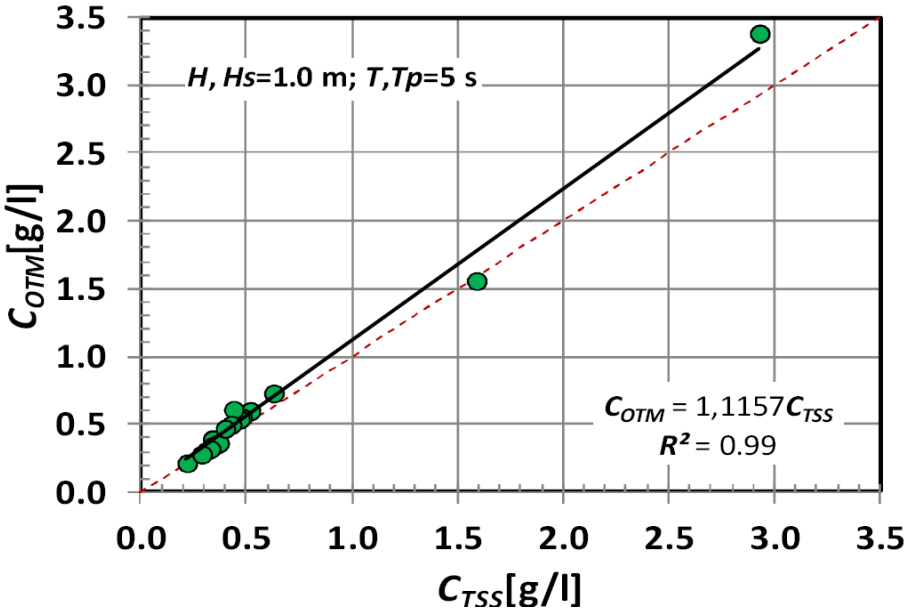
Ahmari (2012)

Vergleich von Messverfahren

ABS vs. TSS



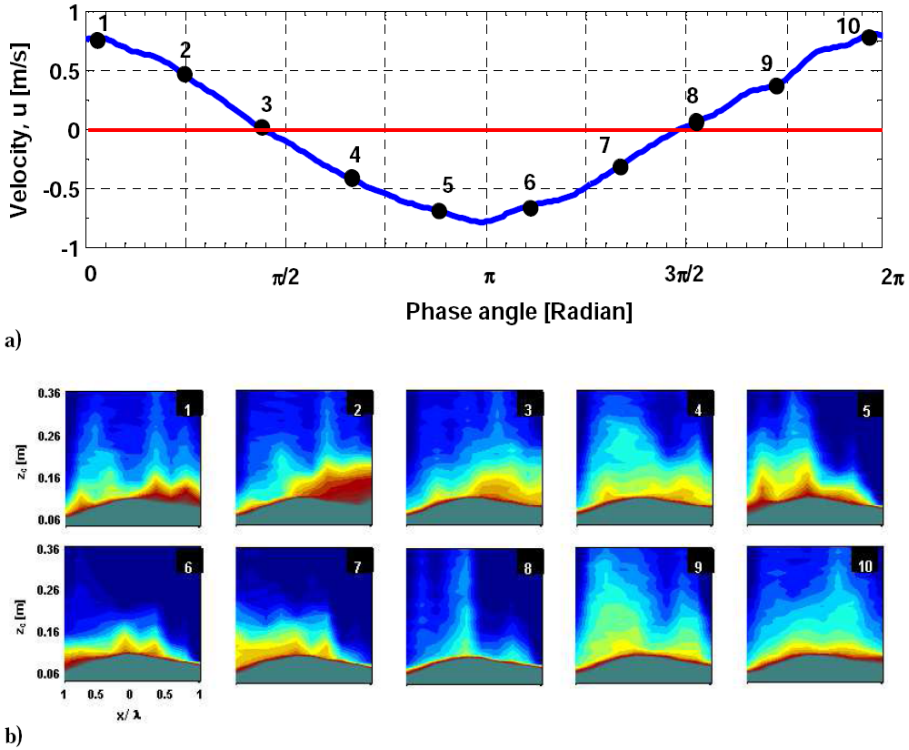
OTM vs. TSS



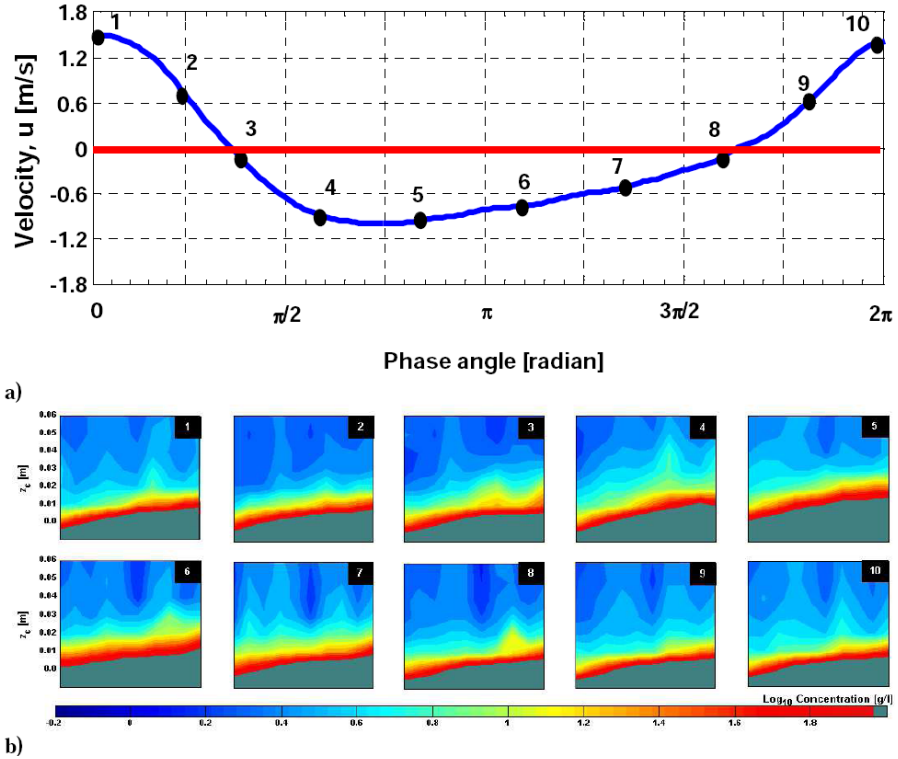
Ahmari (2012)

Phasengemittelte Konzentrationen

Rippel-Regime

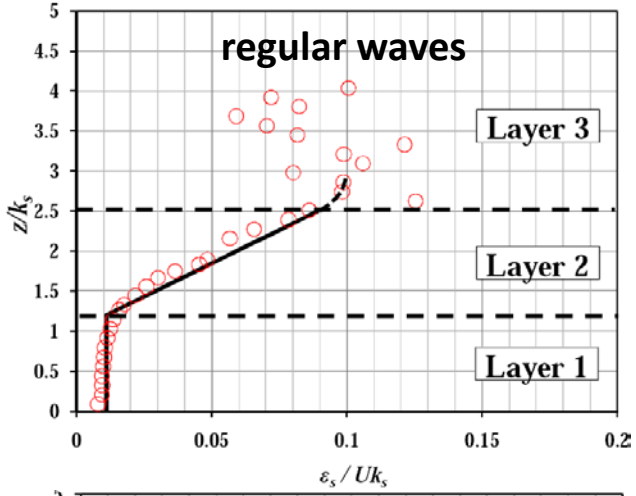


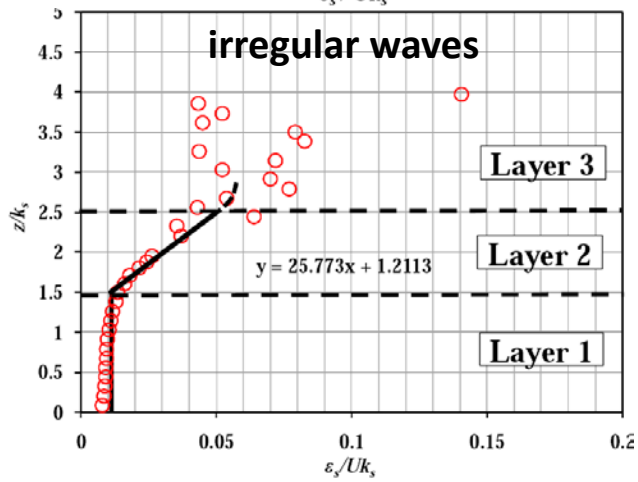
Sheetflow-Regime

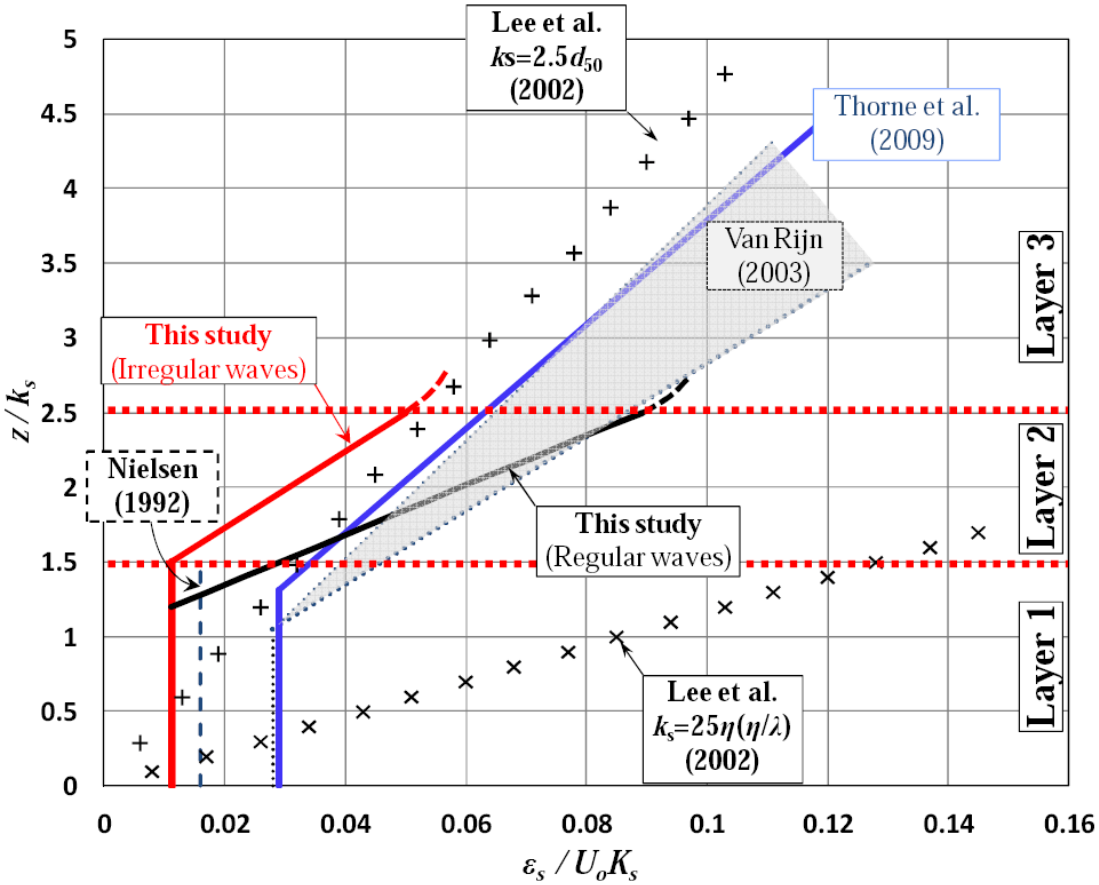


Ahmari (2012)

Sediment-Diffusionskoeffizient

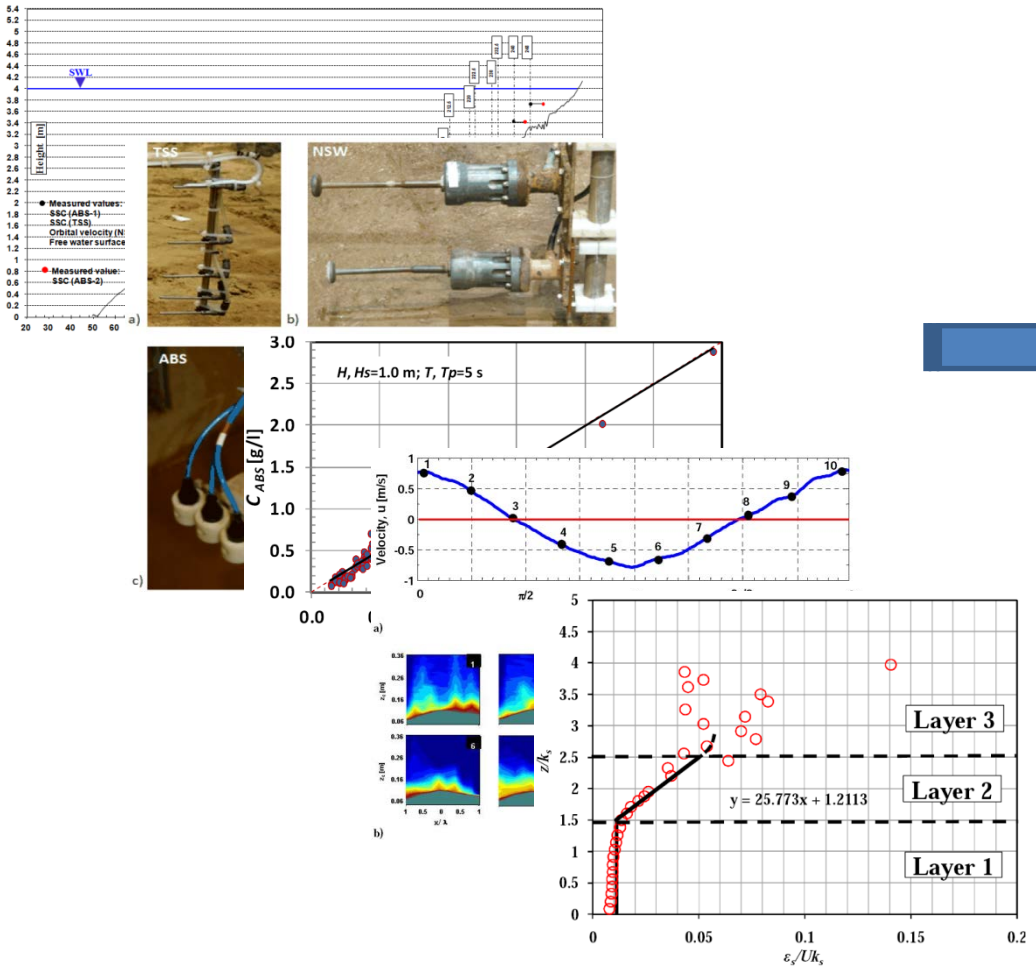






Ahmari (2012)

Weitere Details



SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT ABOVE RIPPLED AND PLANE SEA BED INDUCED BY NON BREAKING AND NEAR BREAKING WAVES

-A LARGE SCALE LABORATORY STUDY-

Von der

Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften

der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina

zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades eines

Doktoringenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte

Dissertation

von

Alireza Ahmari

geboren am 27.01.1972

aus Teheran, Iran

Eingereicht am: 25. November 2011
Disputation am: 24. Mai 2012

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. H. Oumeraci
Prof. Dr.-Ing. A. Malcherek

2012

hydralab IV

WISE

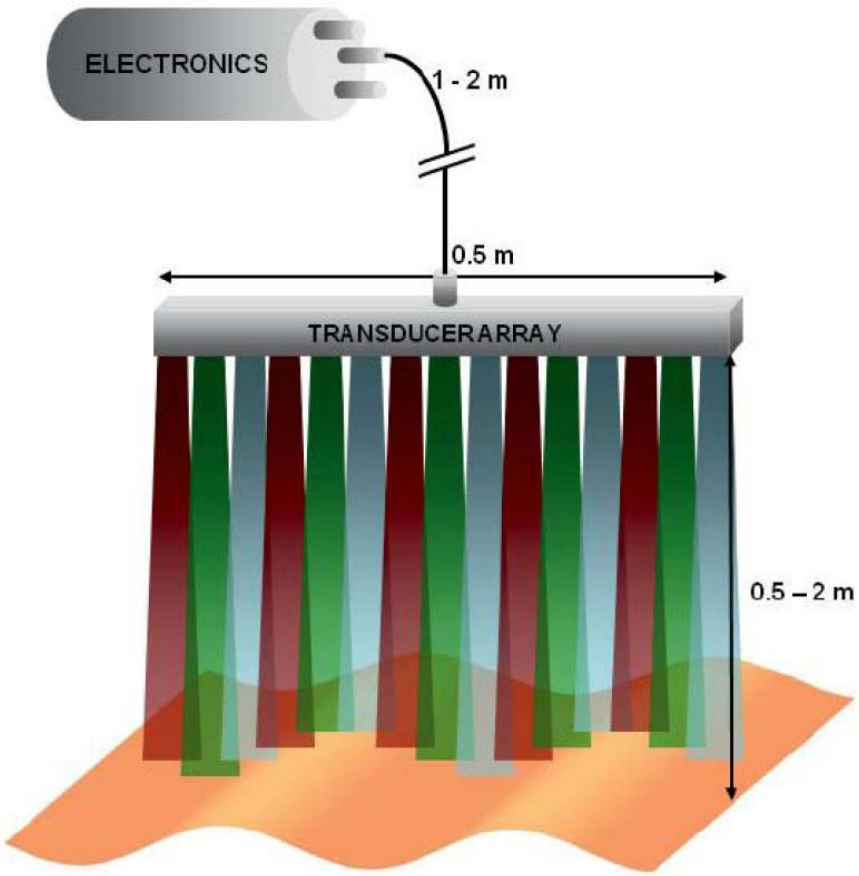
Water **I**nterface **S**ediment **E**xperiments

Water **I**nterface **S**ediment **E**xperiments

- Entwicklung neuer, hochauflösender Messverfahren
  - High Resolution Acoustic Concentration Velocity Profiler (HR-ACVP)
  - Bedform And Suspended Sediment Imager (BASSI)
  - Kombination von Videoanalyse und Laserscans
- Redundante Versuche im GWK und CIEM (Barcelona) mit Fokus auf anlandende (accretive) Wellenbedingungen
- Erprobung der Messverfahren in den großmaßstäblichen Versuchen mit Fokus auf Rippelregime (HR-ACVP, BASSI) und Wellenauflaufzone (Video-Laserscan)

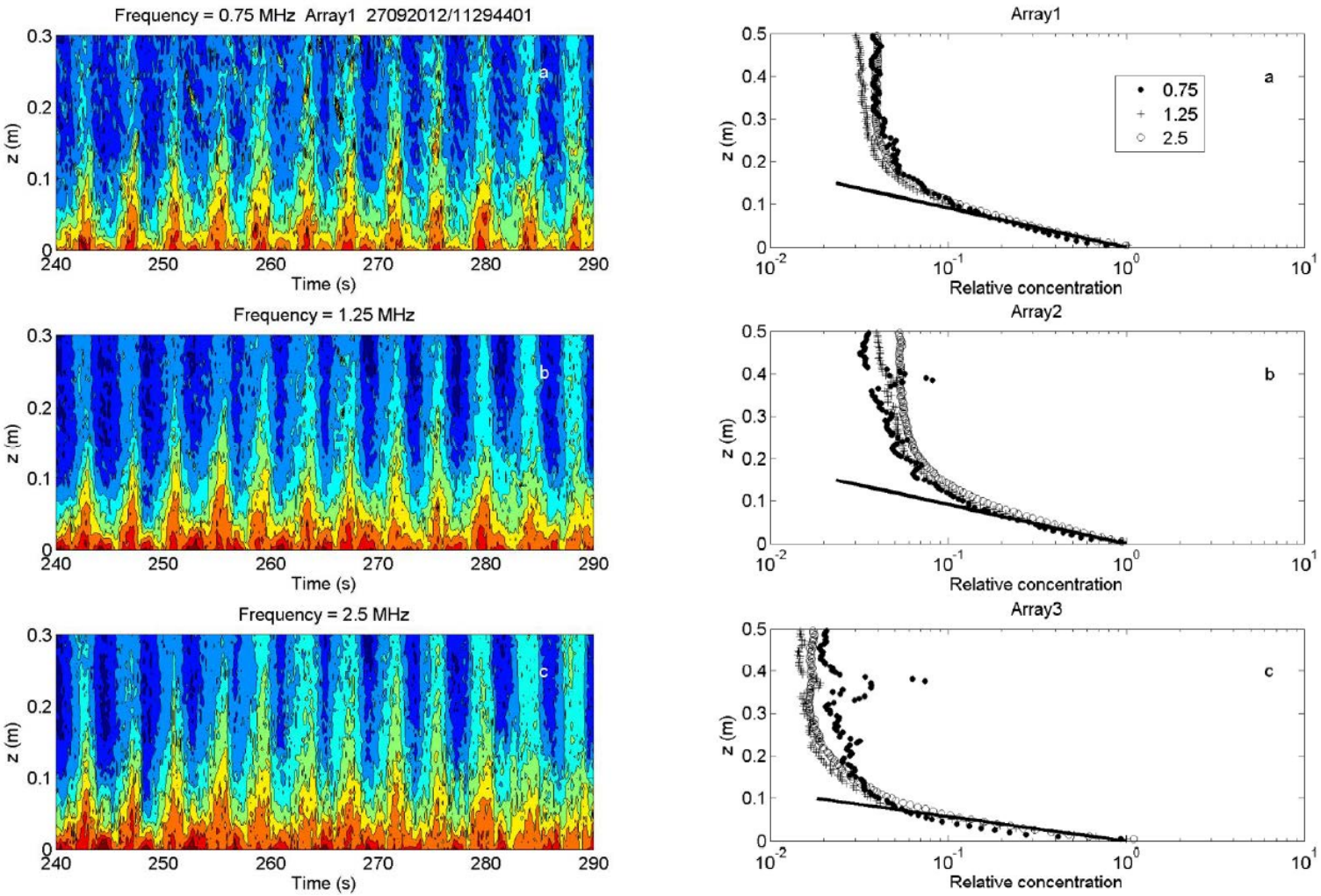
BASSI

- Kombination von ABS (Acoustic Backscatter System) Sensoren zu einem Gesamtsystem
- Arbeitsfrequenzen:
  2.5 MHz, 1.25 MHz, 0.75 MHz
- 15 Sensoren in einem System
- L = 50 cm, B = 14 cm, H = 7 cm
- 3 Systeme (45 Sensoren) L_{ges} = 1.5 m
- Profilhöhe: 1 m mit 5 mm Auflösung



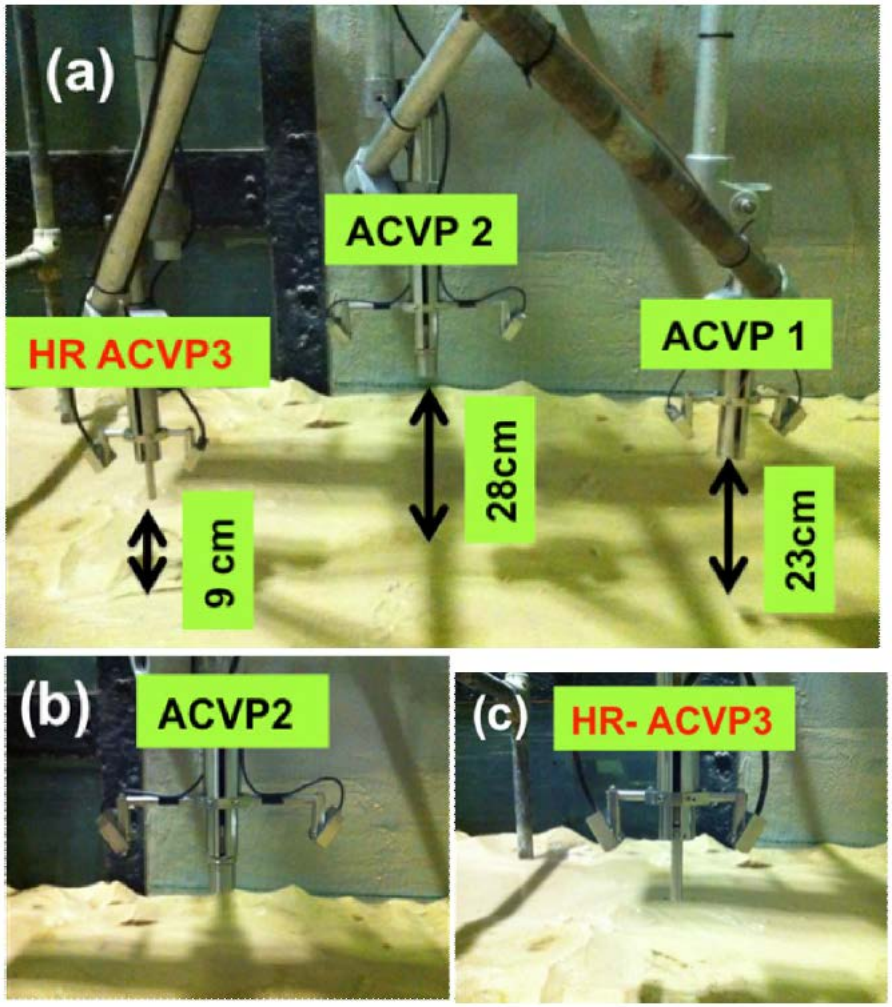
WISE – Messmethoden

BASSI

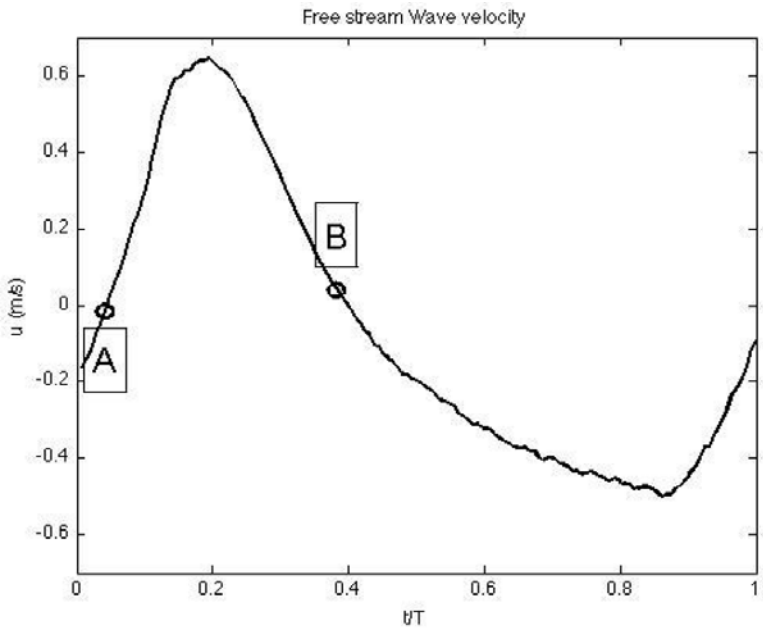


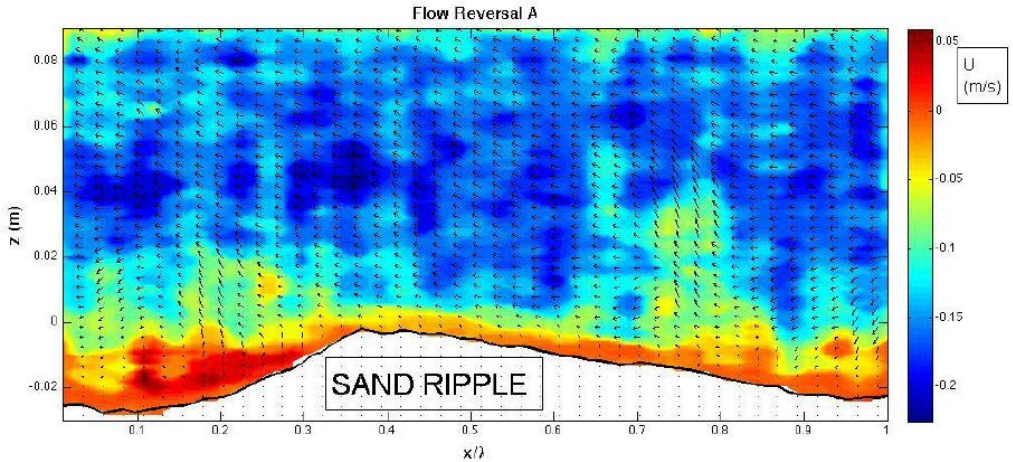
HR-ACVP

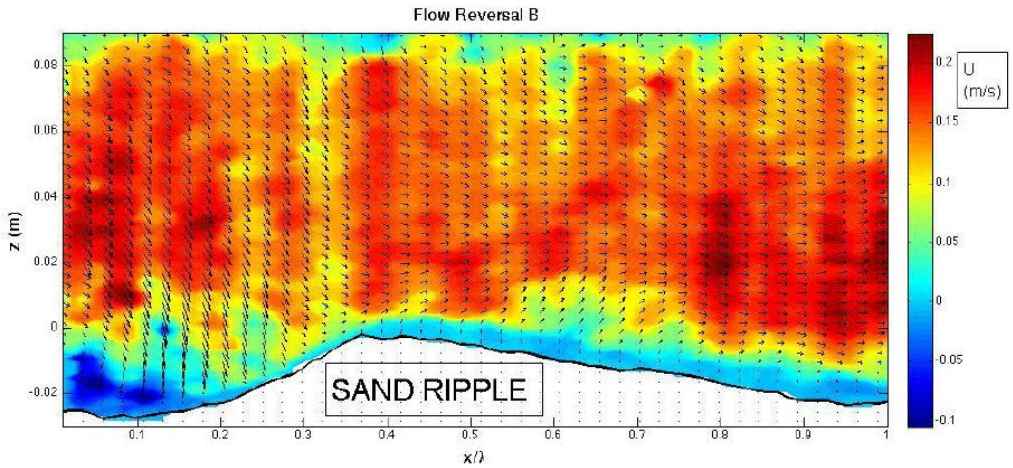
- Weiterentwicklung des in HYDRALAB III entwickelten 2D ACVP
- Kombination von ADVP und ABS Technologie
- 1 Sender, 2 Empfänger --> 1D2C
- Auflösung:
  - dt = 40 ms, dz = 3.0 mm (ACVP)
  - dt = 30 ms, dz = 1.5 mm (HR-ACVP)



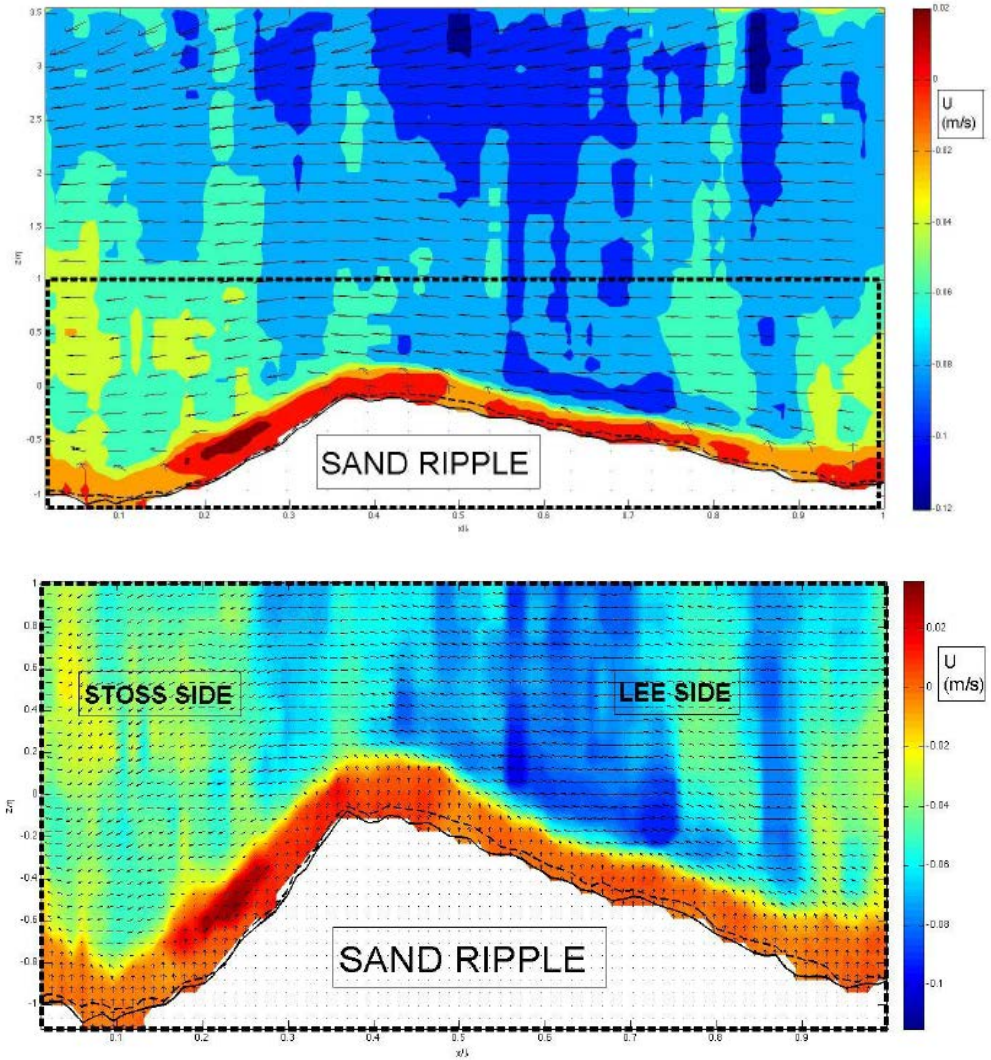
HR-ACVP


Free stream Wave velocity
u (m/s)
t/T
A
B


Flow Reversal A
z (m)
x/λ
U (m/s)
SAND RIPPLE

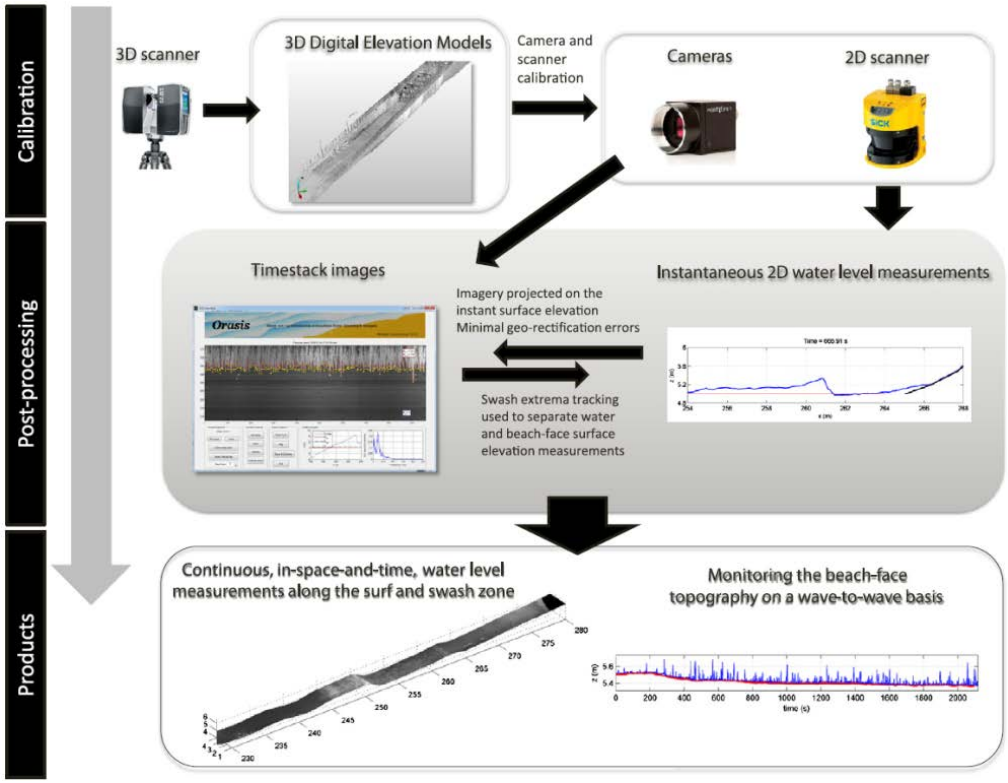

Flow Reversal B
z (m)
x/λ
U (m/s)
SAND RIPPLE

HR-ACVP



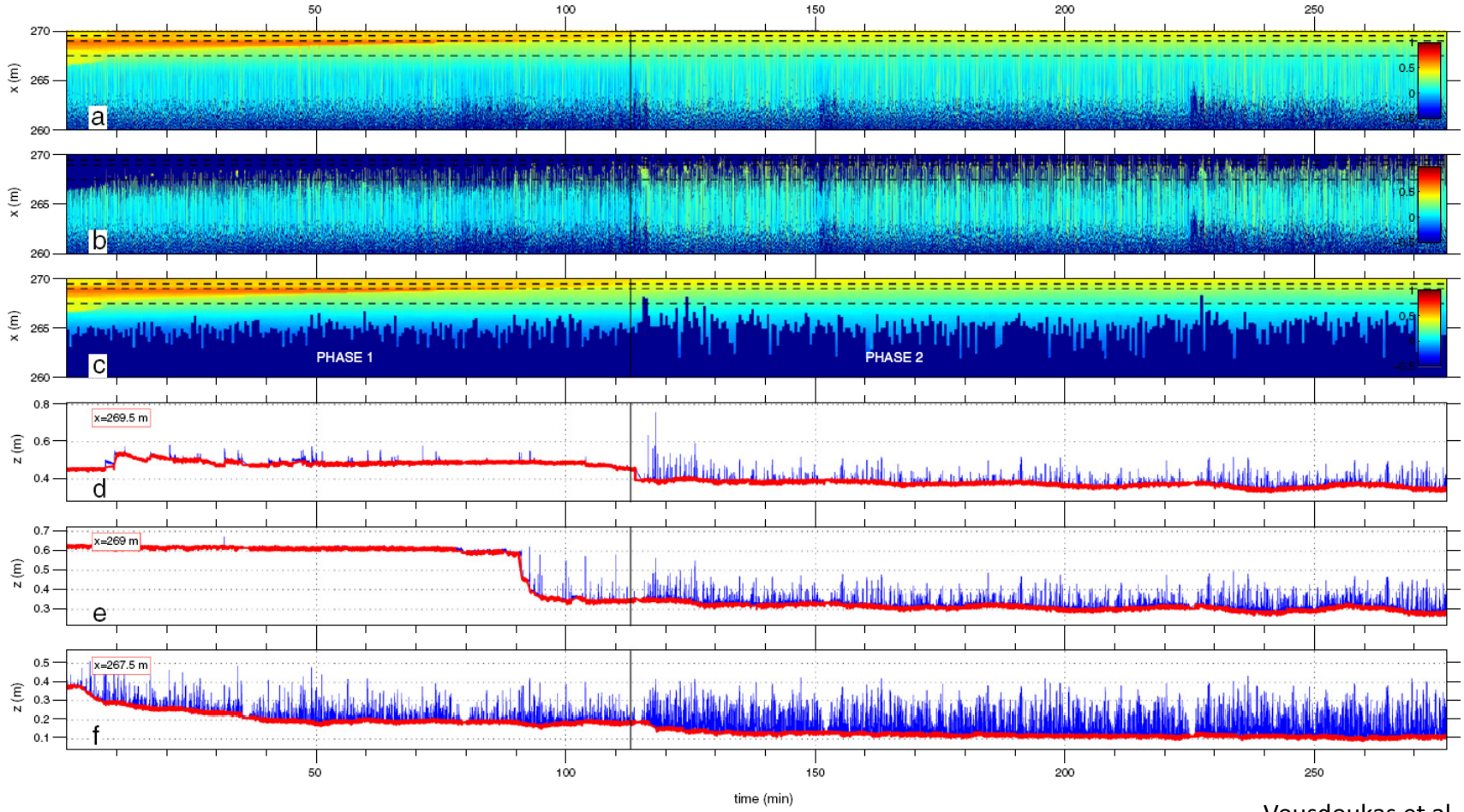
Kombination Video-Laserscan

- Messung entlang einer Linie (2D)
- Reichweite: O(10^1) m
- zeitliche Auflösung: O(10^{-1}) s
- räumliche Auflösung: O(10^{-1}) m (abhängig vom Messabstand)
- Messgenauigkeit: O(10^{-2} - 10^{-1}) m (abhängig vom Messabstand)
- Installation und Postprocessing vergleichsweise einfach



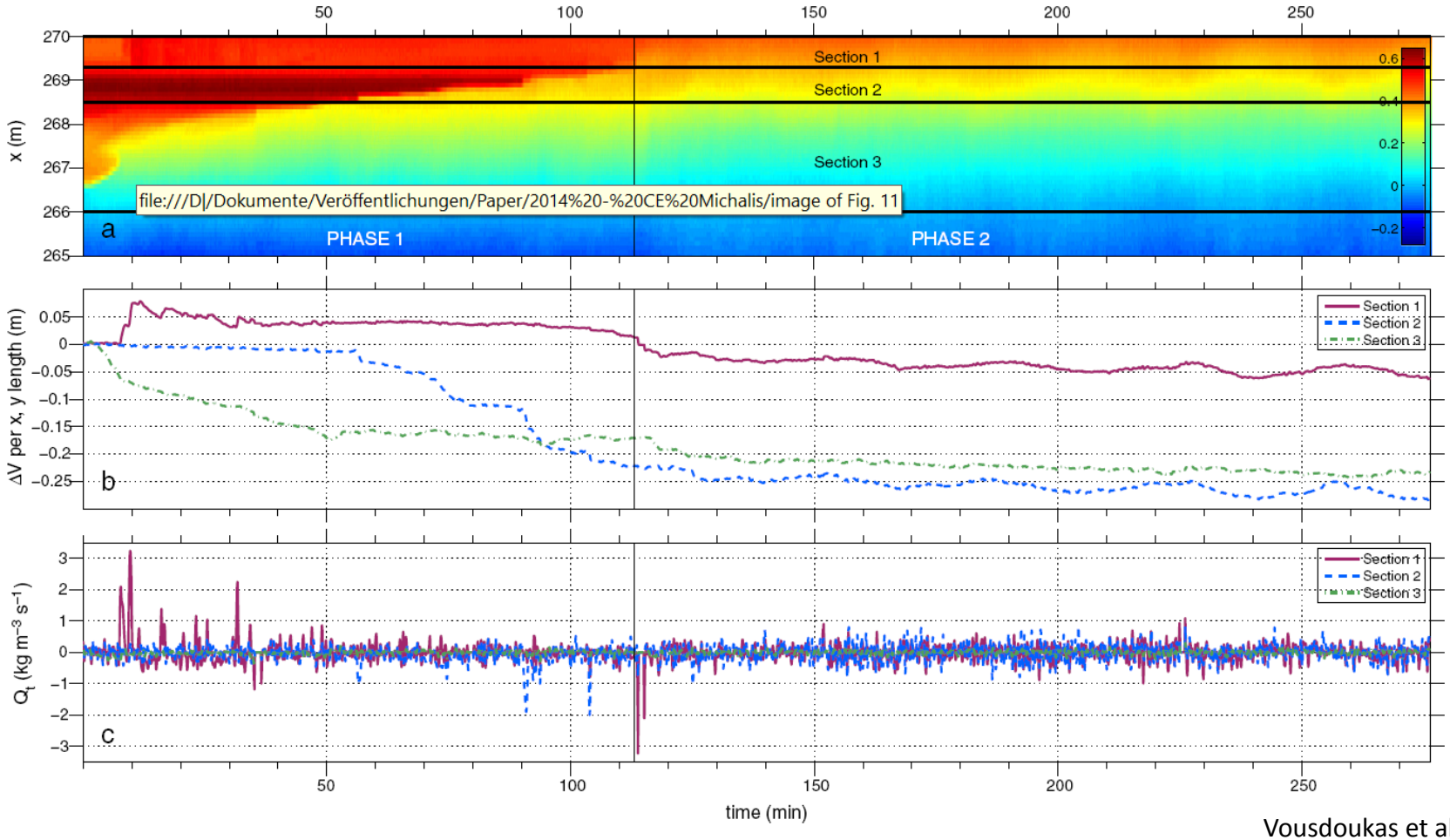
Vousdoukas et al. (2012)

Kombination Video-Laserscan



Vousdoukas et al. (2012)

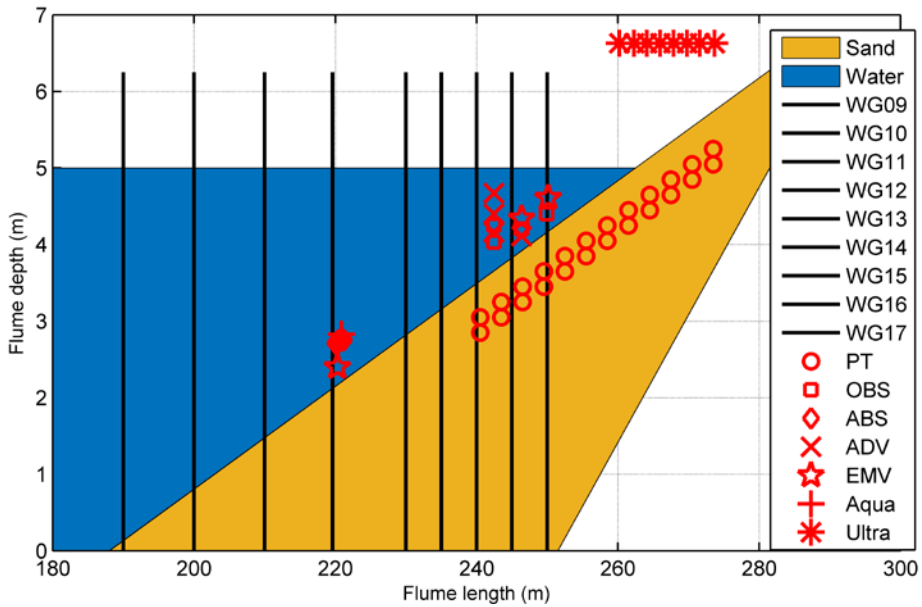
Kombination Video-Laserscan



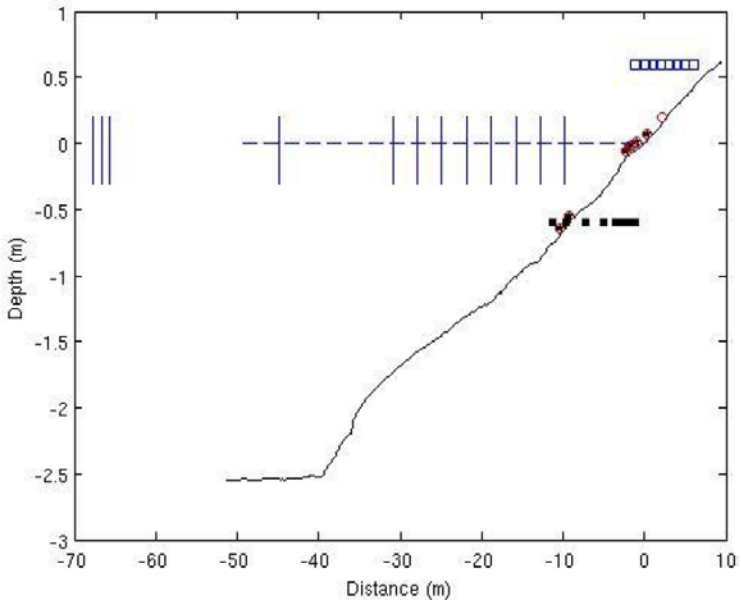
Vousdoukas et al. (2012)

Versuchsaufbau

GWK



CIEM



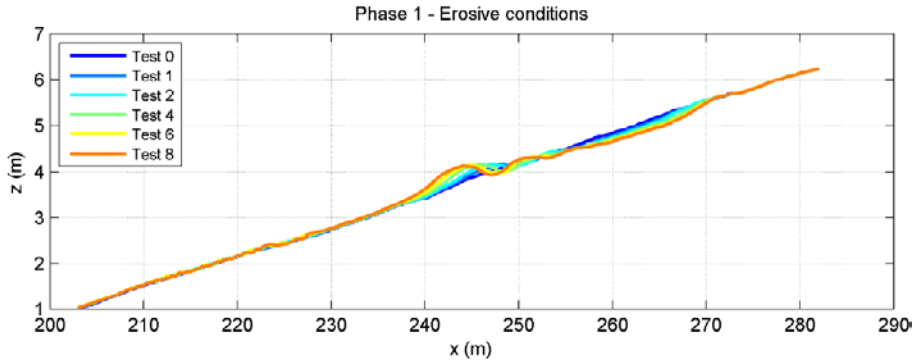
	Länge (m)	Breite (m)	Tiefe (m)	Strandneigung	D_{50} (mm)	Skalierung
GWK	300	5	7	1:15	0.30	Prototyp
CIEM	100	3	5	1:15	0.25	1:1.9

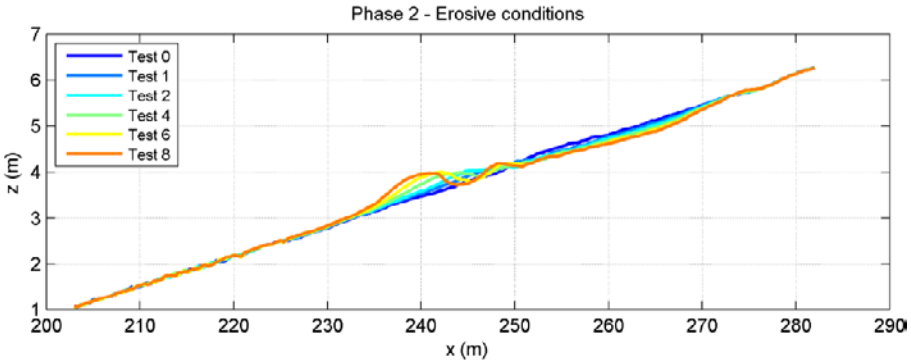
Versuchsprogramm

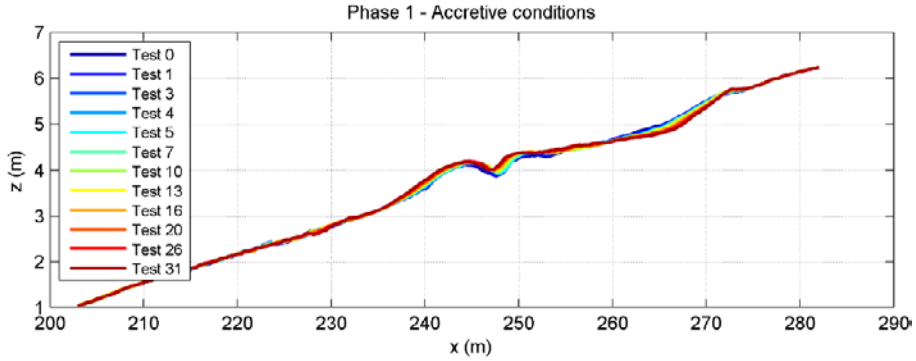
		H_s (m)	T_p (s)	Dean number	nº waves	aprox duration (s)
Er 1	GWK	0.89	5.1	3.54	500	2200
	CIEM	0.47	3.7	3.74		1600
Ac 1	GWK	0.61	6.5	1.91	400	2200
	CIEM	0.32	4.7	2		1600
Ac 2	GWK	0.51	7.3	1.43	400	2500
	CIEM	0.27	5.3	1.5		1800

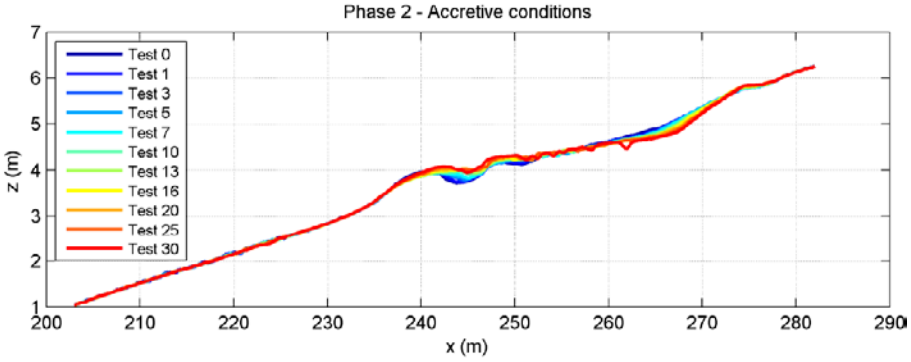
Erosive	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Accretive 1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30.
Reprofile to 1/15 initial slope	
Erosive	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Accretive 2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.

Profilentwicklung GWK

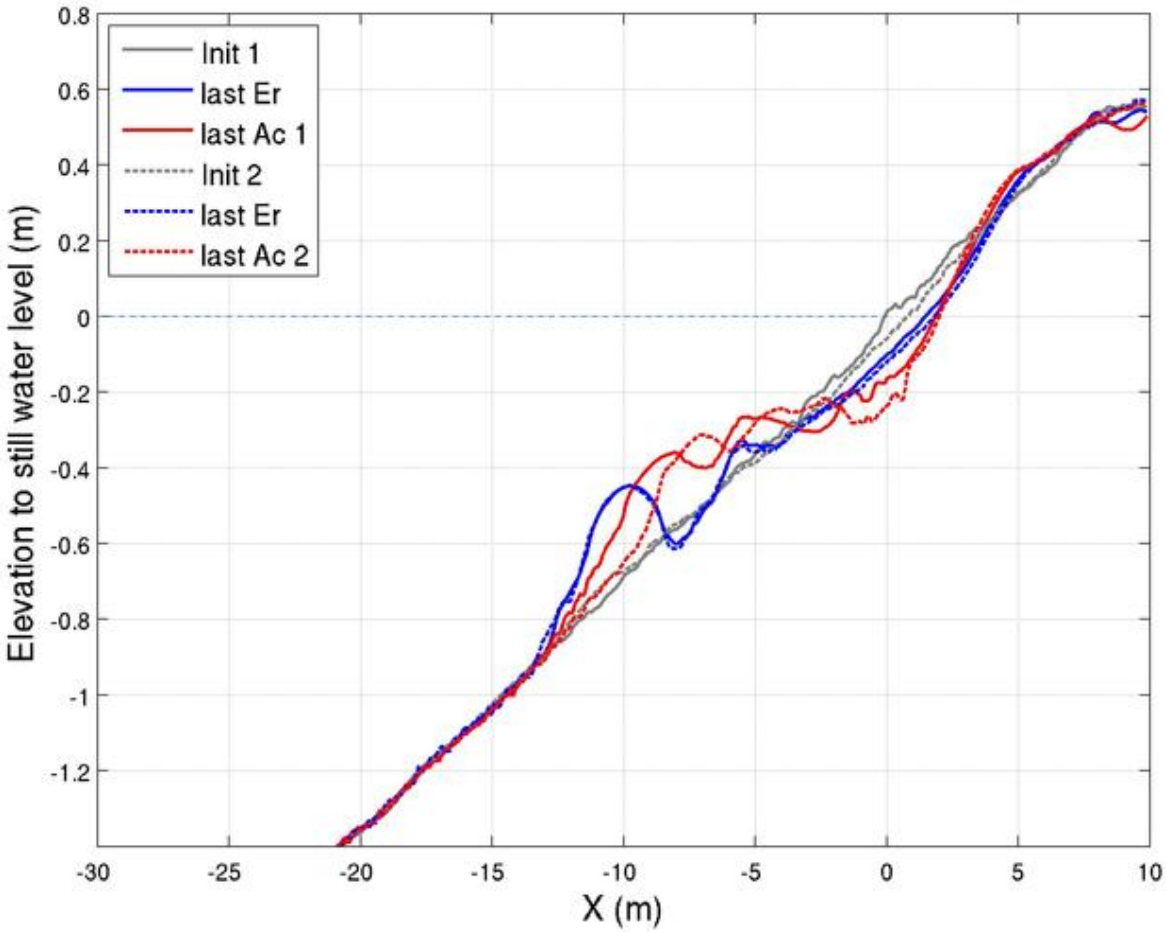






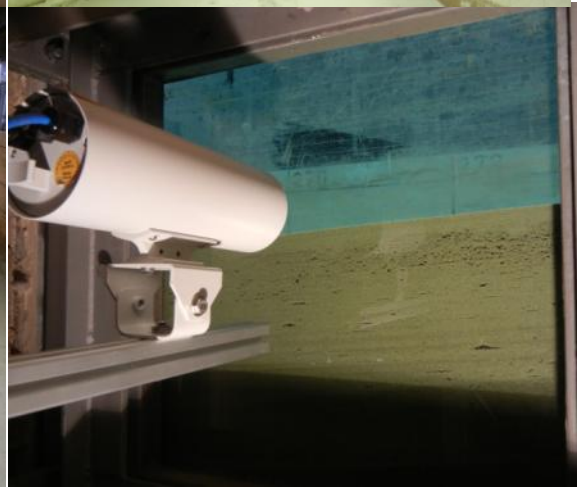


Profilentwicklung CIEM



Messgeräte

Messgerät	Anzahl
Wellenpegel	17
Geschwindigkeit (ADV)	4
Geschwindigkeit (ECM)	3
Geschwindigkeitsprofil (ADVP)	1
Sedimentkonzentration (OBS)	4
Sedimentkonz. Profil (ABS)	3
Porenwasserdruck	22
Schichtdicke (Ultraschall)	10
Videokameras	4
Highspeedkameras	1
2D Laserscanner	1
3D Laserscanner	1



Versuchsprogramm

Phase No.	Type of waves	Beach reaction	H/H_s(m)	T/T_p(s)	h(m)	No.
Phase 2.1	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Accretion	0.51	7.31	5.0	7
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	1.00	5.00	5.0	3
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Accretion	0.51	7.00	5.0	7
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	0.90	5.17	5.2	4
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	1.00	5.00	5.2	3
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Accretion	0.60	6.22	5.0	8
Phase 2.2	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	0.90	5.17	5.0	3
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	1.00	5.00	5.0	5
	Regular waves	Accretion	0.40	10.0	5.0	6
	Regular waves	Accretion	0.30	10.0	5.0	8
	Regular waves	Accretion	0.20	10.0	5.0	2
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	0.90	5.17	5.2	3
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	1.00	5.17	5.2	4
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Accretion	0.40	10.0	5.2	10
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Accretion	0.30	10.0	5.2	7
	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Accretion	0.20	10.0	5.2	6
Phase 3	Solitary waves	Accretion	0.40	6.22	5.0	14
Phase 4	Regular waves	Accretion	0.20 – 1.00	2.00 – 7.00	5.0	23
Phase 5	Irregular JONSWAP spectra ($\gamma = 3.3$)	Erosion	1.00	5.00	4.6 -5.2	7

Ergebnisse

- Die WISE Versuche im GWK haben wertvolle, zum Teil einzigartige Daten geliefert, die bei weitem noch nicht vollständig analysiert worden sind.
- Am FZK wurde gerade wieder mit weiteren Auswertungen begonnen.
- Bisherige Publikationen:

de la Torre, M.; Vousdoukas, M.; Schimmels, S.; Fernández, H.; Kirupakaramoorthy, T. (2014): Large scale tests of beach profile response sensitivity to the initial topography under erosive or accretive conditions., Proceedings of the IAHR Europe Congress, Porto, Portugal.

Vousdoukas, M.I. (2014a): Fusion of video cameras with laser range scanners- the coastal monitoring system of the future?, EGU General Assembly, Geophysical Research Abstracts

Vousdoukas, M.I. (2014b): High frequency monitoring of the swash zone using hybrid laser and video techniques, Proc. 34th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2014), Seoul, Korea.

Vousdoukas, M.I., Kirupakaramoorthy T., de la Torre M., Wübbold F., Wagner W., Schimmels S., Oumeraci, H. (2014c): The role of combined laser scanning and video techniques in monitoring wave-by-wave swash zone processes., Coastal Engineering, 83, 150-165.

hydralab+

COMPLEX

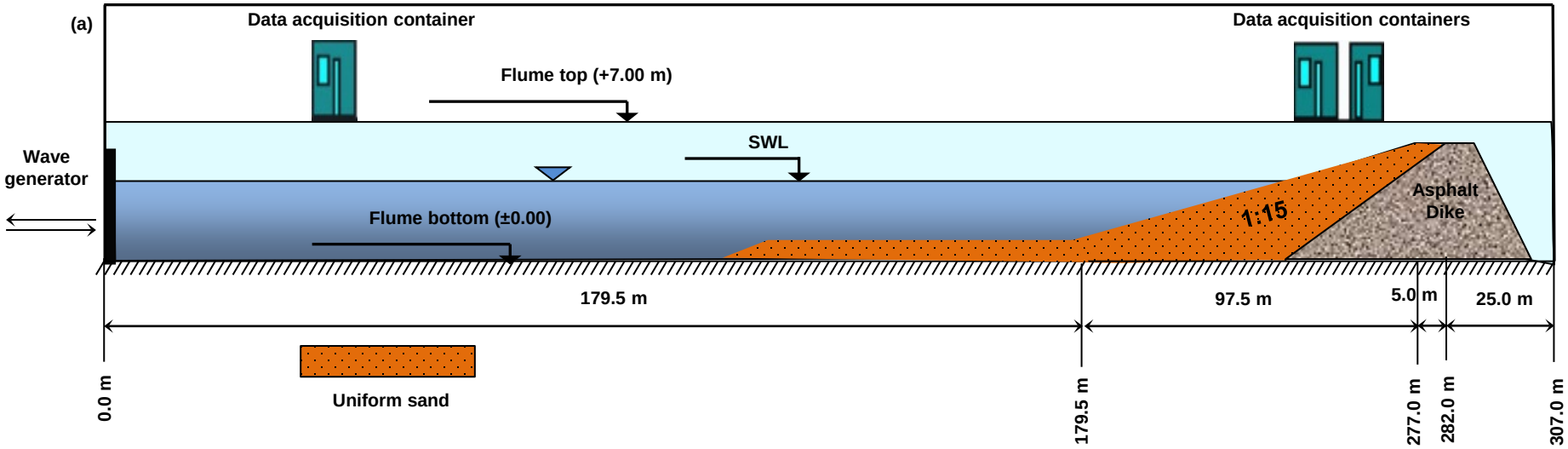
Cross disciplinary **O**bservations of **M**orphodynamics and **P**rotective structures, **L**inked to **E**cology and e**X**treme events

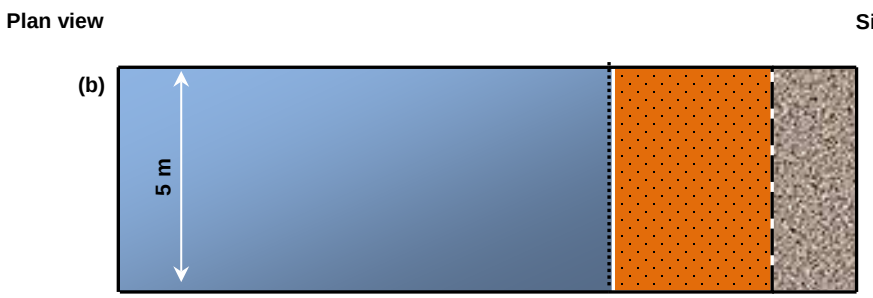
COMPLEX – Ziele

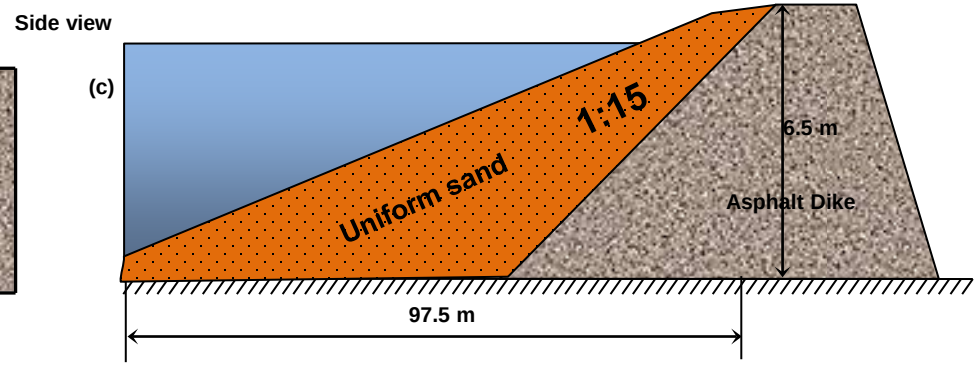
Cross disciplinary **O**bservations of **M**orphodynamics and **P**rotective structures, **L**inked to **E**cology and e**X**treme events

- In HYDRALAB+ sind die JRAs stärker miteinander verlinkt und auch themenüber-greifend (sowohl Aspekte des Sedimenttransports als auch der Ökohydraulik)
- Fokus in COMPLEX: „Gemischte Sedimente“ und Sediment-Biota-Interaktion
- Für die entsprechend „komplexen“ Messungen (z.B. Sedimenttransport in einer Seegraswiese) werden Instrumente und Methoden entwickelt und getestet.
- Versuche sind wieder im GWK und CIEM (Barcelona) geplant, wobei im Vergleich zu HYDRALAB III & IV mehr Partner in die GWK Versuche eingebunden werden.
- Untersuchung der unterschiedlichen Aspekte an einem generellen Modelaufbau
- **Große Versuchskampagne im GWK ab Sommer 2017**

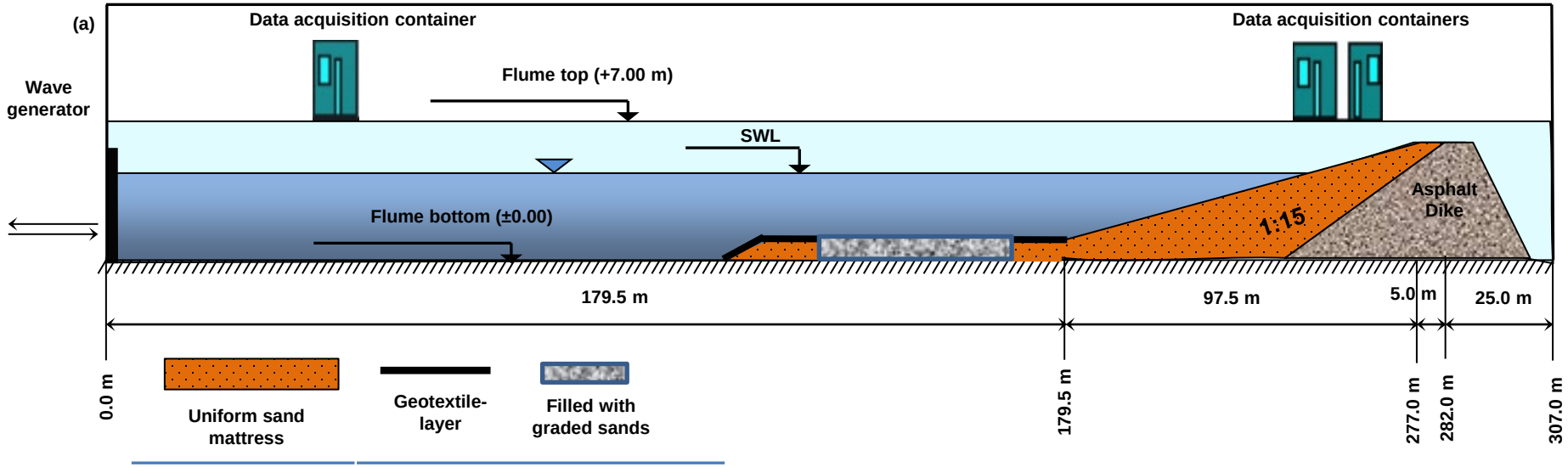
Referenzversuch

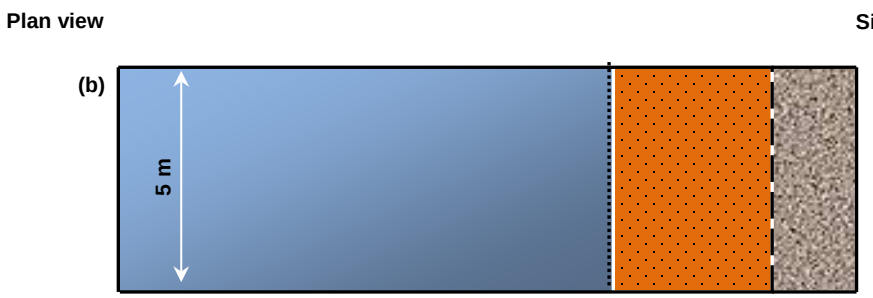


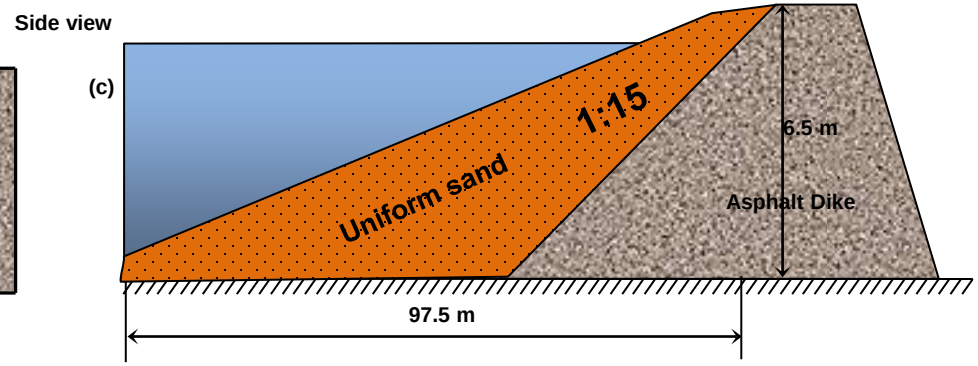




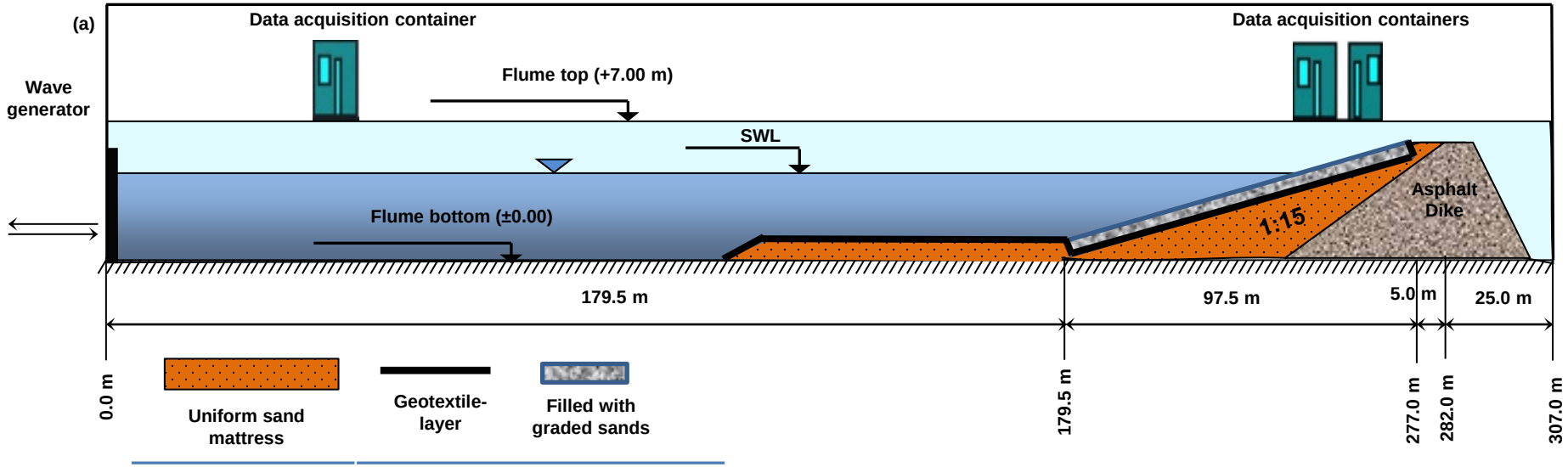
Versuche mit gemischten Sedimenten

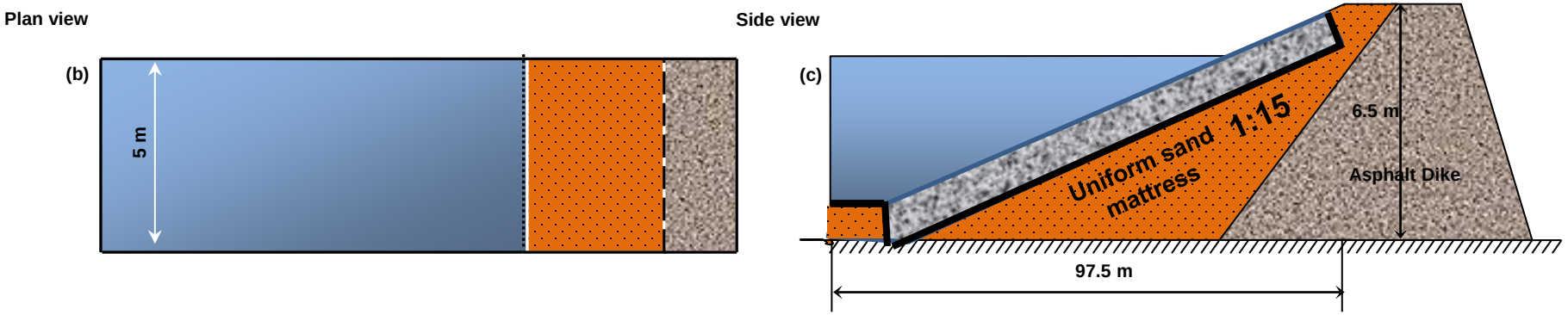




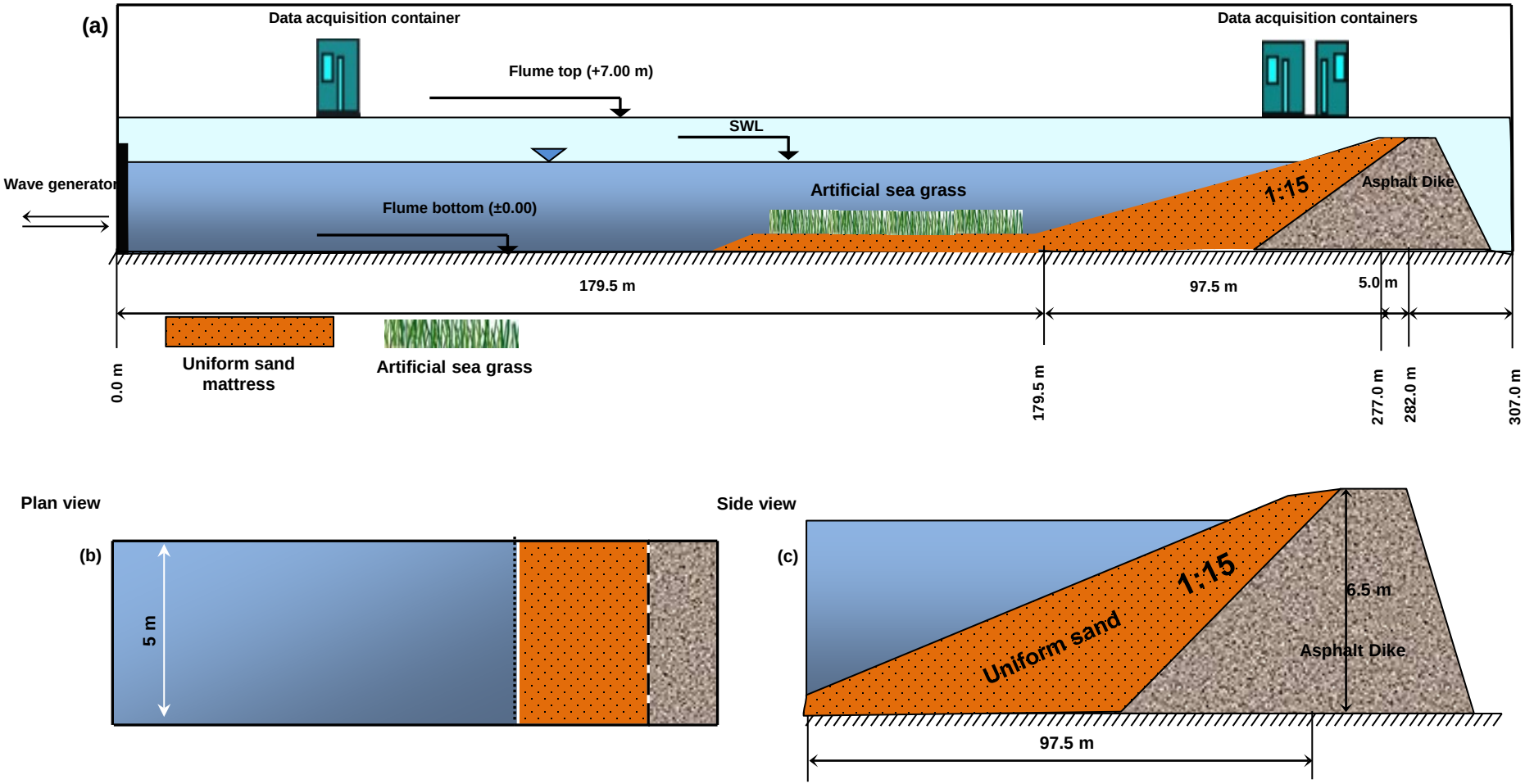


Versuche mit gemischten Sedimenten

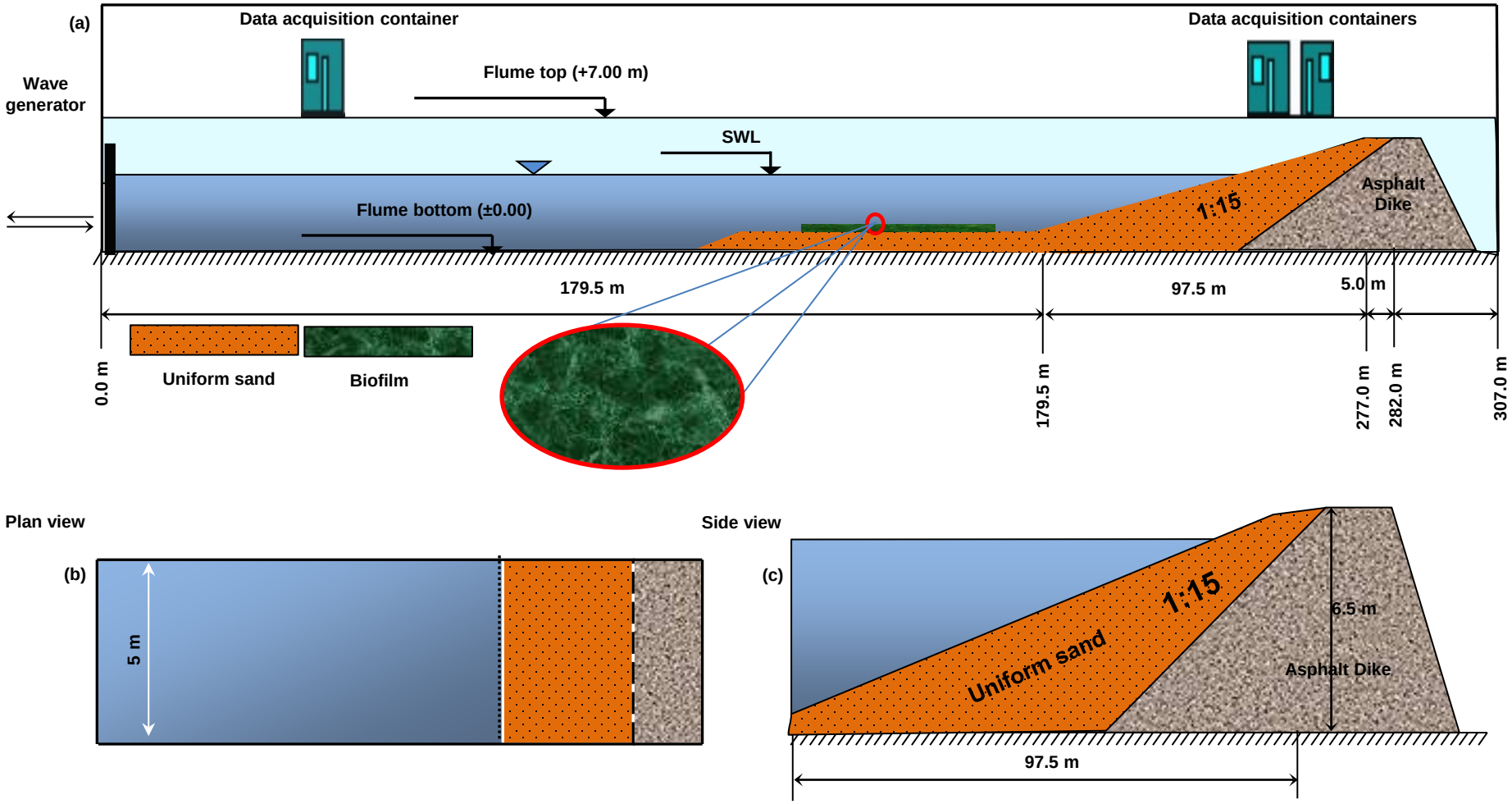




Versuche mit (künstlichem) Seegrass



Versuche mit (künstlichen) Biofilmen



Mehr zu COMPLEX, RECIPE, FREE Data und

hydralab+

demnächst …

FZK
Forschungszentrum Küste

Rückblick und Ausblick auf zwei Jahrzehnte HYDRALAB

Forschung zum Sedimenttransport im Rahmen eines großen EU-Verbundprojekts

Stefan Schimmels, Forschungszentrum Küste (FZK)

Leibniz Universität Hannover

Technische Universität Braunschweig

Referenzen

Astier, J.; Astruc, D.; Lacaze, L.; Eiff, O. (2012): Investigation of the swash zone evolution at wave time scale, Proc. 33rd International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2012), Santander, Spain.

Hurther, D.; Thorne, P.D., Bricault, M.; Lemmin, U.; Barnoud, J.-M. (2011): A multi-frequency Acoustic Concentration and Velocity Profiler (ACVP) for boundary layer measurements of fine-scale flow and sediment transport processes, Coastal Engineering, 58, 594-605.

Sanchez-Arcilla, A.; Caceres, I., van Rijn, L., Grüne, J. (2011): , Revisiting mobile bed tests for beach profile dynamics, Coastal Engineering, 58, 583-593.

Vousdoukas, M.I., Kirupakaramoorthy T., de la Torre M., Wübbold F., Wagner W., Schimmels S., Oumeraci, H. (2014c): The role of combined laser scanning and video techniques in monitoring wave-by-wave swash zone processes., Coastal Engineering, 83, 150-165.

Ahmari, A. (2012): Suspended sediment transport above ripled and plane sea bed induced by non breaking and near breaking waves - a large scale laboratory study. Ph.D. Thesis, Leichtweiß-Institut für Wasserbau, TU-Braunschweig, Braunschweig, Germany.