



# Forschungszentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

**ModPro**

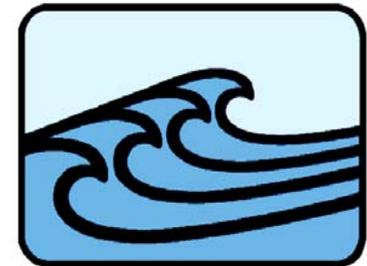
## „Modellierung hydro- und lithodynamischer Prozesse in der Küstenzone“

(Deutsch - Russisches Kooperationsprojekt)

Joachim Grüne, Hocine Oumeraci, Alireza Ahmari

**Forschungszentrum Küste FZK**

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen  
Universität Carola-Wilhemina Braunschweig





## ModPro Modellierung hydro- und lithodynamischer Prozesse in der Küstenzone

Das Projekt ist ein Deutsch-Russisches Kooperationsprojekt und wurde im Rahmen der Fachvereinbarung über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Meeres- und Polarforschung zwischen dem Bundesministerium für Bildung und Forschung der Bundesrepublik Deutschland (BMBF) und dem Ministerium für Bildung und Wissenschaft der Russischen Föderation initiiert,

mit den Partnern:

- P.P. Shirshov Institut für Ozeanographie, Russische Akademie der Wissenschaften, Abteilung Süd in Gelendzhik und das
- Forschungszentrum Küste FZK der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

Mittel für das wiss. Personal des FZK wurden vom BMBF im Rahmen des KFKI bewilligt.



## Ziel des Vorhabens:

Entwicklung prozess-orientierter Ansätze zur Beschreibung der Sedimentsuspension und seines Transports in sandigen Küstenregionen.

## Methode:

Experimentelle großmaßstäbliche Untersuchungen im Labor (Großer Wellenkanal des Forschungszentrums Küste).

Dabei wurde die Verteilung der zeitabhängigen suspendierten Sandkonzentrationen sowie ihre zeitlichen und räumlichen Veränderungen in Abhängigkeit der seegangserzeugten bodennahen Strömungen gemessen.

Für die Untersuchungen wurden unterschiedliche Meßsysteme verwendet und getestet, darunter auch eine neu entwickelte Sonde, die eine hoch auflösende Erfassung der Konzentrationsprofile ermöglicht.



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig



## Dimensionen des GWK:

Gesamtlänge: 303 m,

Breite: 5 m,

Gesamttiefe: 7 m

Maximale Wassertiefe: 5 m

Es können Wellen mit einer Wellenhöhe von bis zu 2,5 m erzeugt werden (in Abhängigkeit von der jeweiligen Wassertiefe).

Die Wellenmaschine absorbiert Re-reflexionen (an der Wellenmaschine).



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Untersuchungen im GROSSEN WELLENKANAL (GWK)

2006

2007

2008

	2 KW (FZK, Shirshov)	6 KW (FZK, Shirshov)		6 KW (FZK, Shirshov)		5 KW (FZK)
--	-------------------------	-------------------------	--	-------------------------	--	---------------

Pilotuntersuchungen zur Erprobung der vorhandenen Meßtechnik und der Auswerteprozeduren.

Erste Ergebnisse für die zeitliche und örtliche Verteilung der suspendierten Sandkonzentration.

Erprobung einer neuartigen Meßsonde zur Erfassung eines vertikalen Konzentrationsprofils

Vergleich der unterschiedlichen Meßsysteme (Redundanz)

Einfluß unterschiedlicher Seegangscharakteristiken (Spektraldichteverteilungen) auf die suspendierte Sandkonzentration

Wiederholung einiger Versuche aus 2007 mit Einsatz zweier neu beschafften Aquascatt-Profiler

Testserie zur Erfassung der örtlichen Ausdehnung von induzierten Sedimentwirbeln

Testserie zur Erfassung eines Strandquerprofils durch die erweiterte Brandungszone (Vorriffbereich bis Wellenauflaufzone)

Alle Untersuchungen wurden gemeinsam mit Kollegen des P.P. Shirshov-Instituts durchgeführt



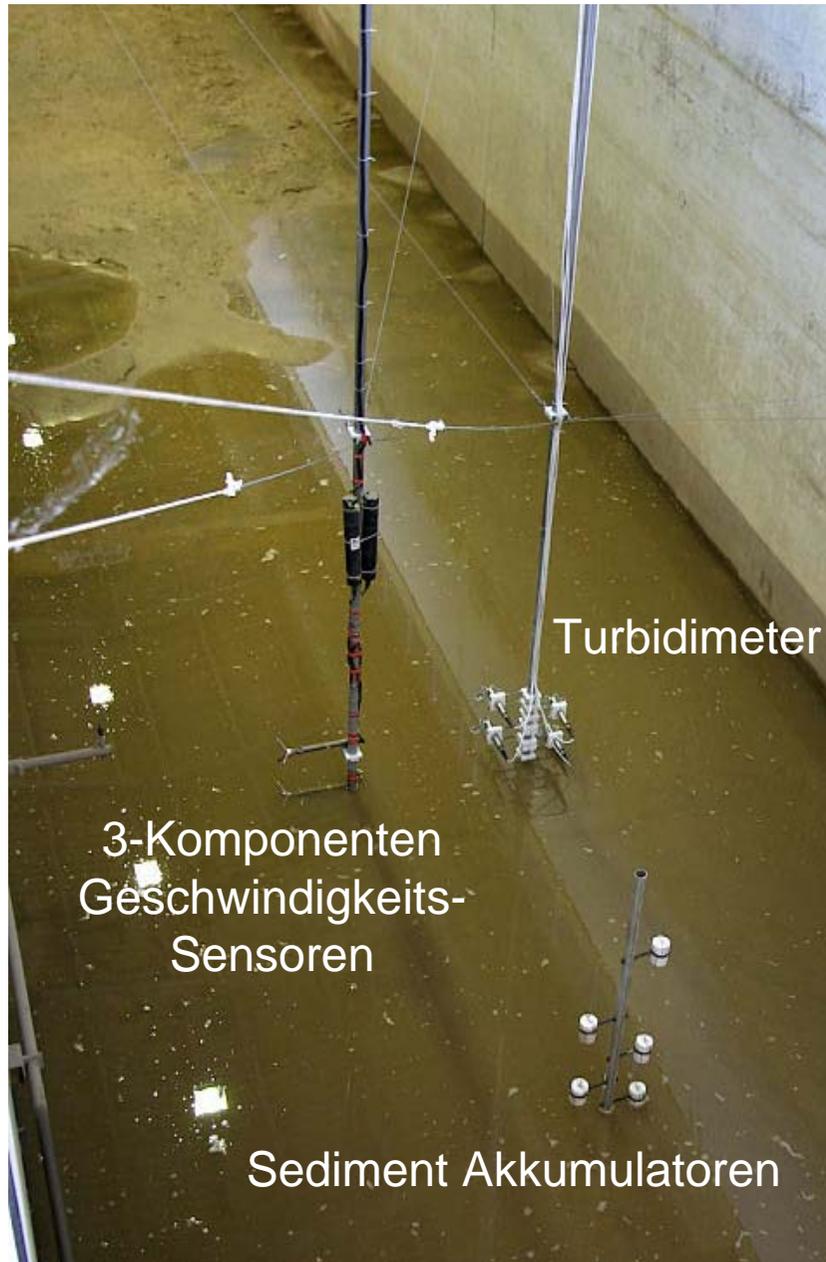
# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Untersuchungen im GROSSEN WELLENKANAL (GWK)

2006		2007		2008	
	2 KW (FZK, Shirshov)	6 KW (FZK, Shirshov)		6 KW (FZK, Shirshov)	5 KW (FZK)
<p>Pilotuntersuchungen zur Erprobung der vorhandenen Meßtechnik und der Auswerteprozeduren.</p> <p>Erste Ergebnisse für die zeitliche und örtliche Verteilung der suspendierten Sandkonzentration.</p>		<p>Erprobung einer neuartigen Meßsonde zur Erfassung eines vertikalen Konzentrationsprofils</p> <p>Vergleich der unterschiedlichen Meßsysteme (Redundanz)</p> <p>Einfluß unterschiedlicher Seegangscharakteristiken (Spektraldichteverteilungen) auf die suspendierte Sandkonzentration</p>		<p>Wiederholung einiger Versuche aus 2007 mit Einsatz zweier neu beschafften Aquascatt-Profiler</p> <p>Testserie zur Erfassung der örtlichen Ausdehnung von induzierten Sedimentwirbeln</p> <p>Testserie zur Erfassung eines Strandquerprofils durch die erweiterte Brandungszone (Vorriffbereich bis Wellenauflaufzone)</p>	

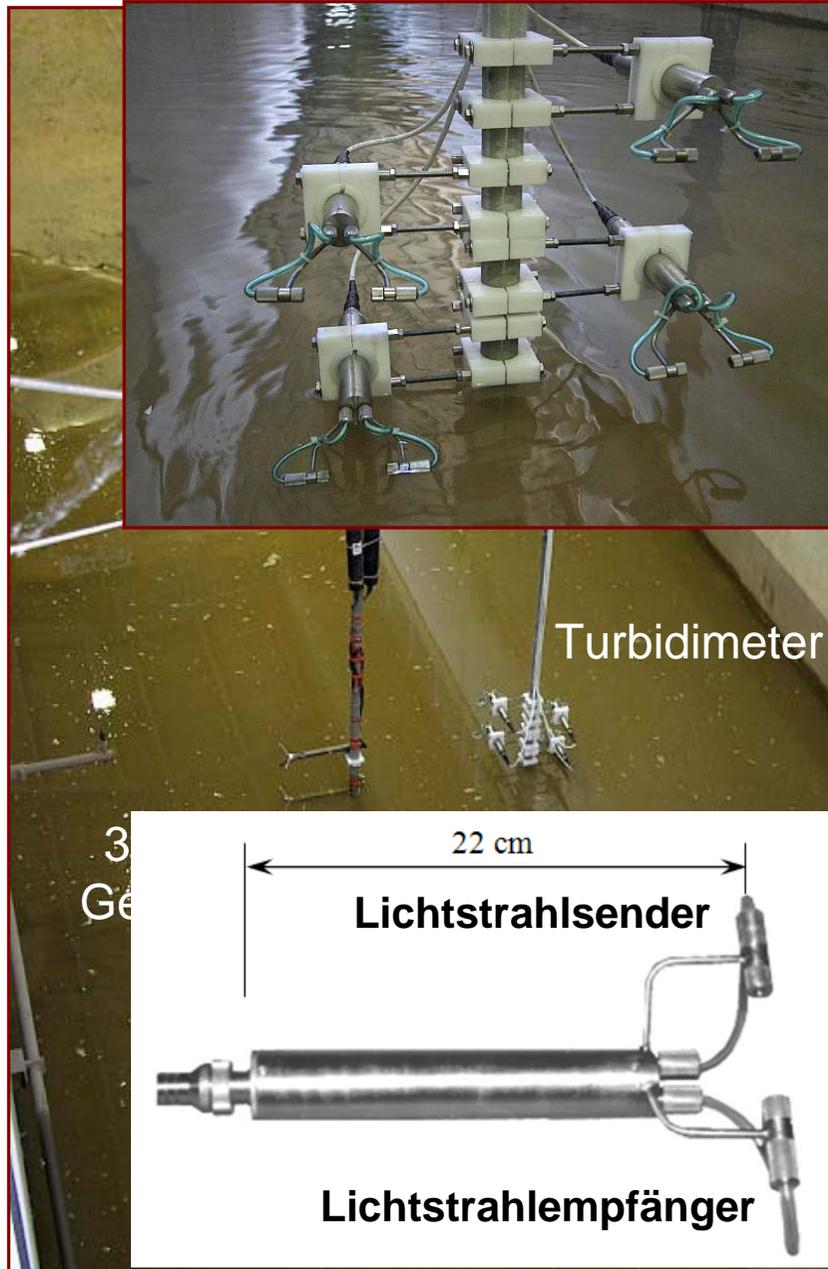
Alle Untersuchungen wurden gemeinsam mit Kollegen des P.P. Shirshov-Instituts durchgeführt



## Pilotuntersuchungen 2006

### Installierte Meßsysteme:

- Wellenpegel (Resistativ-Kapazitive Drahtpegel) zur Erfassung der Wasser- spiegelauslenkungen entlang des GWK.
- 3-Komponenten Geschwindigkeits- sonden (akustisch, Typ Vector) zur Erfassung der welleninduzierten Strömungen in 2 unterschiedlichen Höhenlagen oberhalb der Sandsohle.
- Sediment Akkumulatoren (Tassen- pegel) in verschiedenen Höhenlagen.
- Optische Sonden (Turbidimeter) zur Erfassung der suspendierten Sand- konzentration in 4 unterschiedlichen Höhenlagen oberhalb der Sandsohle



## Pilotuntersuchungen 2006

### Installierte Meßsysteme:

- Wellenpegel (Resistativ-Kapazitive Drahtpegel) zur Erfassung der Wasser- spiegelauslenkungen entlang des GWK.
- 3-Komponenten Geschwindigkeits- sonden (akustisch, Typ Vector) zur Erfassung der welleninduzierten Strömungen in 2 unterschiedlichen Höhenlagen oberhalb der Sandsohle.
- Sediment Akkumulatoren (Tassen- pegel) in verschiedenen Höhenlagen.
- **Optische Sonden (Turbidimeter) zur Erfassung der suspendierten Sand- konzentration in 4 unterschiedlichen Höhenlagen oberhalb der Sandsohle.**



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Untersuchungen im GROSSEN WELLENKANAL (GWK)

2006		2007		2008	
	2 KW (FZK, Shirshov)	6 KW (FZK, Shirshov)		6 KW (FZK, Shirshov)	5 KW (FZK)
<p>Pilotuntersuchungen zur Erprobung der vorhandenen Meßtechnik und der Auswerteprozeduren.</p> <p>Erste Ergebnisse für die zeitliche und örtliche Verteilung der suspendierten Sandkonzentration.</p>		<p>Erprobung einer neuartigen Meßsonde zur Erfassung eines vertikalen Konzentrationsprofils</p> <p>Vergleich der unterschiedlichen Meßsysteme (Redundanz)</p> <p>Einfluß unterschiedlicher Seegangskarakteristiken (Spektraldichteverteilungen) auf die suspendierte Sandkonzentration</p>		<p>Wiederholung einiger Versuche aus 2007 mit Einsatz zweier neu beschafften Aquascatt-Profiler</p> <p>Testserie zur Erfassung der örtlichen Ausdehnung von induzierten Sedimentwirbeln</p> <p>Testserie zur Erfassung eines Strandquerprofils durch die erweiterte Brandungszone (Vorriffbereich bis Wellenauflaufzone)</p>	

Alle Untersuchungen wurden gemeinsam mit Kollegen des P.P. Shirshov-Instituts durchgeführt



## Untersuchungen 2007



- **Wellenpegel (Typ Resistiv-Kapazitive Drahtpegel)** zur Erfassung der Wasserspiegelauslenkungen entlang des GWK.
- **2-Komponenten Geschwindigkeits-Sonden (elektromagnetisch, Typ NSW)** zur Erfassung der welleninduzierten Strömungen in 2 unterschiedlichen Höhenlagen oberhalb der Sandsohle.

### 3 unterschiedliche Meßsysteme zur Erfassung der Sandsuspensionen

- **Optische Sonden (Typ Turbidimeter)** zur Erfassung der suspendierten Sandkonzentration in 4 unterschiedlichen Höhenlagen.
- **Akustische Sonden (Typ Aquascatt-Profilier)** zur Erfassung eines vertikalen suspendierten Sandkonzentrationsprofil mit hoher Auflösung.
- **Mechanische Sonden (Typ Suspensions-Absaugsystem TSS)** zur Erfassung der suspendierten Sandkonzentration in 4 unterschiedlichen Höhenlagen.



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Untersuchungen 2007



- **Wellenpegel (Typ Resistiv-Kapazitive Drahtpegel)** zur Erfassung der Wasserspiegelauslenkungen entlang des GWK.
- **2-Komponenten Geschwindigkeits-Sonden (elektromagnetisch, Typ NSW)** zur Erfassung der welleninduzierten Strömungen in 2 unterschiedlichen Höhenlagen oberhalb der Sandsohle.

### 3 unterschiedliche Meßsysteme zur Erfassung der Sandsuspensionen

- **Optische Sonden (Typ Turbidimeter)** zur Erfassung der suspendierten Sandkonzentration in 4 unterschiedlichen Höhenlagen.
- **Akustische Sonden (Typ Aquascatt-Profiler)** zur Erfassung eines vertikalen suspendierten Sandkonzentrationsprofil mit hoher Auflösung.
- **Mechanische Sonden (Suspensions-Absaugsystem TSS)** zur Erfassung der suspendierten Sandkonzentration in 4 unterschiedlichen Höhenlagen.



## Aquascatt-Profiler zur Erfassung eines vertikalen suspendierten Sandkonzentrationsprofil mit hoher Auflösung



- 3 akustische Signalgeber mit den Frequenzen von 1, 2 und 4 MHz.
- Örtliche Auflösung des vertikalen Profils : 124 Meßpunkte über eine maximale vertikale Tiefe von 150 cm oder bis zu 0,5 cm Abstand untereinander.
- Messung der Position der Sandsohle und ihrer zeitlichen Veränderungen durch Erosion oder Sedimentation während der Versuche.
- Die Kalibrierung erfolgt im Labor in einem Zirkulationstanks, der mit einer Suspension aus Wasser und dem jeweils verwendeten Sand gefüllt wird.



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

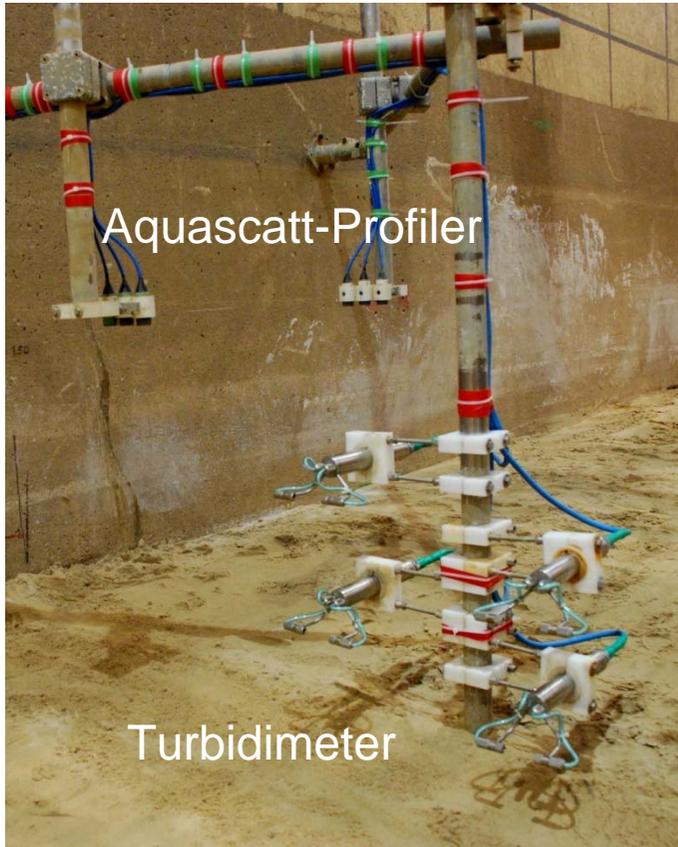
## Untersuchungen im GROSSEN WELLENKANAL (GWK)

2006		2007		2008			
	2 KW (FZK, Shirshov)	6 KW (FZK, Shirshov)			6 KW (FZK, Shirshov)		5 KW (FZK)
<p>Pilotuntersuchungen zur Erprobung der vorhandenen Meßtechnik und der Auswerteprozeduren.</p> <p>Erste Ergebnisse für die zeitliche und örtliche Verteilung der suspendierten Sandkonzentration.</p>		<p>Erprobung einer neuartigen Meßsonde zur Erfassung eines vertikalen Konzentrationsprofils</p> <p>Vergleich der unterschiedlichen Meßsysteme (Redundanz)</p> <p>Einfluß unterschiedlicher Seegangscharakteristiken (Spektraldichteverteilungen) auf die suspendierte Sandkonzentration</p>		<p>Wiederholung einiger Versuche aus 2007 mit Einsatz zweier neu beschafften Aquascatt-Profiler</p> <p>Testserie zur Erfassung der örtlichen Ausdehnung von induzierten Sedimentwirbeln</p> <p>Testserie zur Erfassung eines Strandquerprofils durch die erweiterte Brandungszone (Vorriffbereich bis Wellenauflaufzone)</p>			

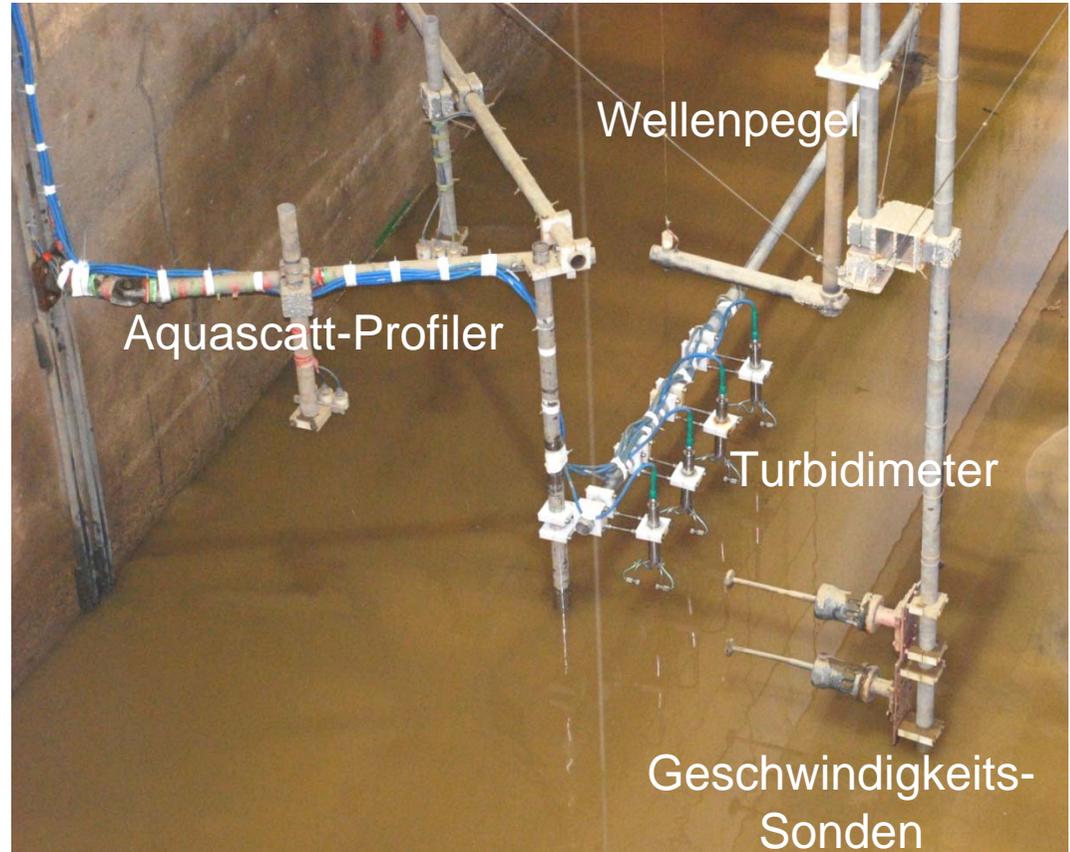
Alle Untersuchungen wurden gemeinsam mit Kollegen des P.P. Shirshov-Instituts durchgeführt



## Untersuchungen 2008



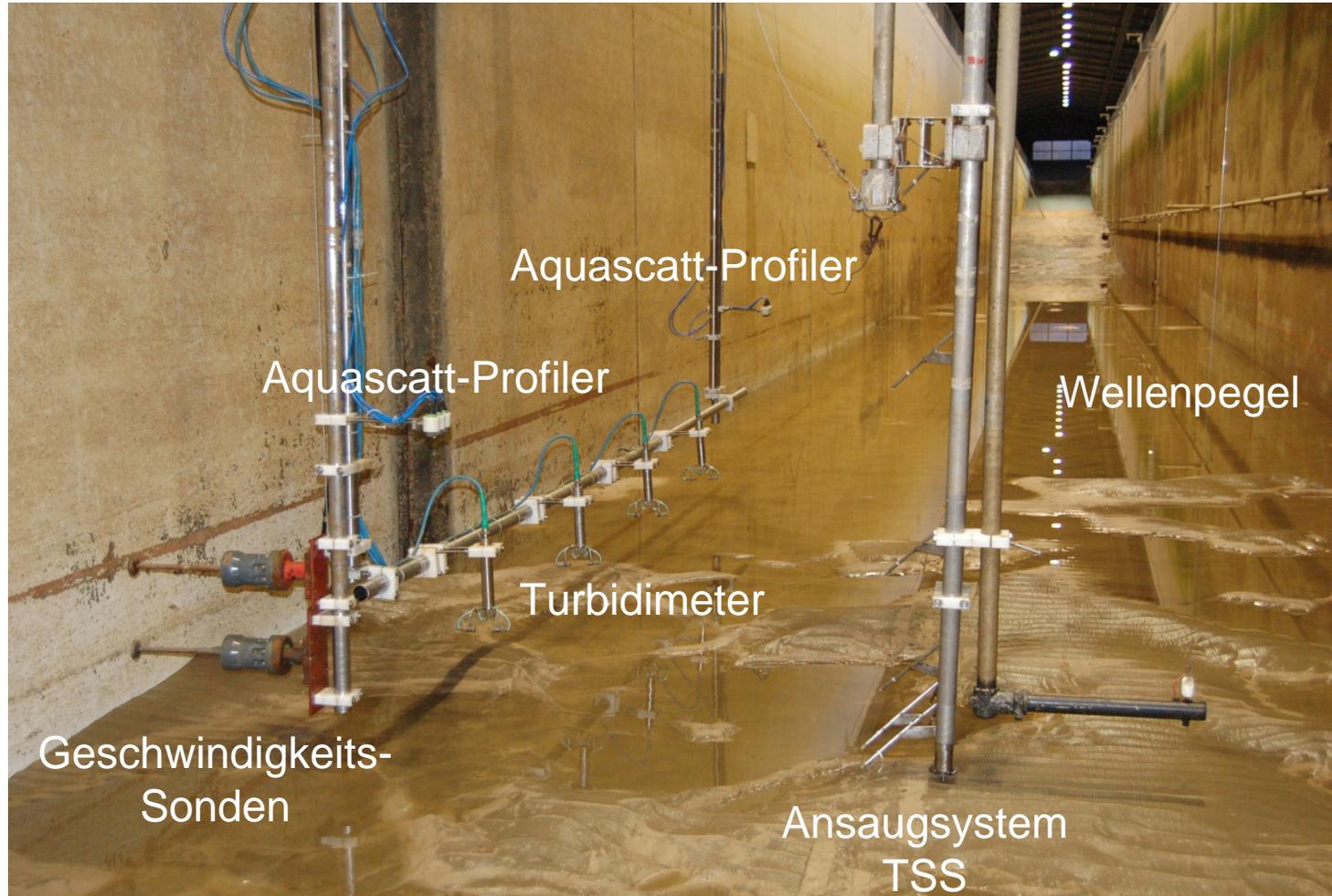
Wiederholung einiger Versuche aus 2007 mit Einsatz zweier neu beschafften Aquascatt-Profilier



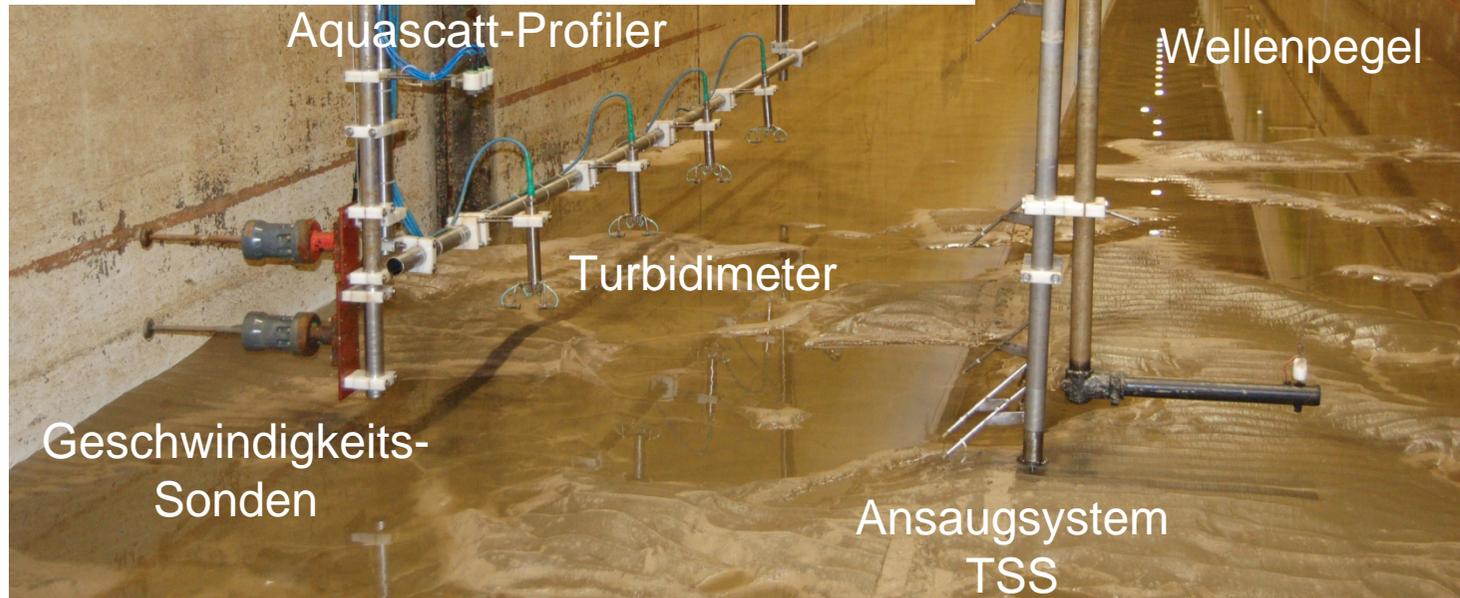
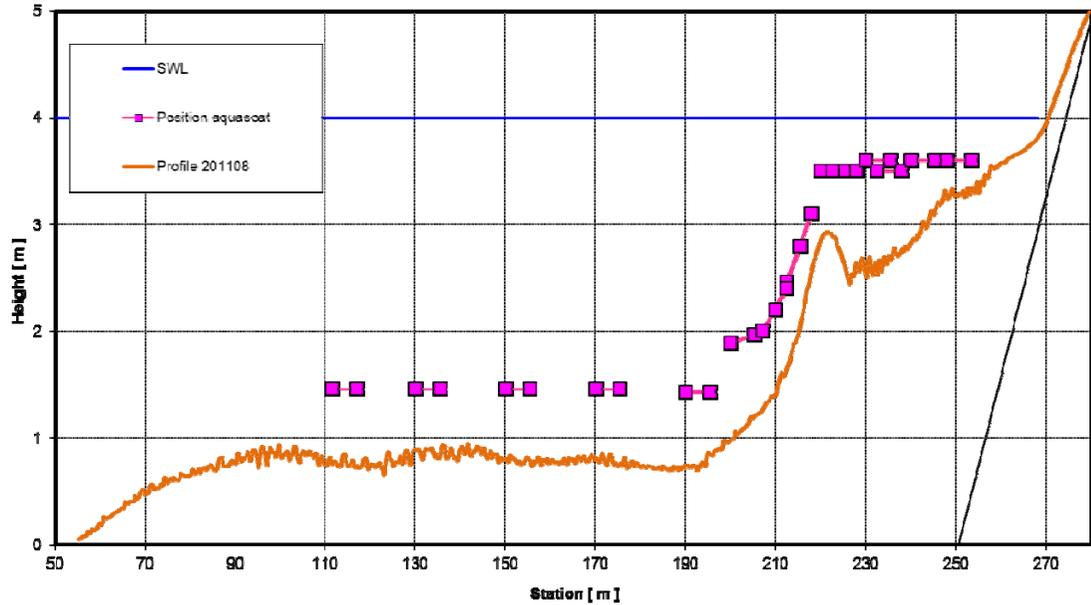
Testserie zur Erfassung der örtlichen Ausdehnung von induzierten Sedimentwirbeln



## Untersuchungen 2008



Testserie zur Erfassung eines Strandquerprofils durch die erweiterte Brandungszone (Vorriffbereich bis Wellenauflaufzone)



Testserie zur Erfassung eines Strandquerprofils durch die erweiterte Brandungszone (Vorriffbereich bis Wellenauflaufzone)

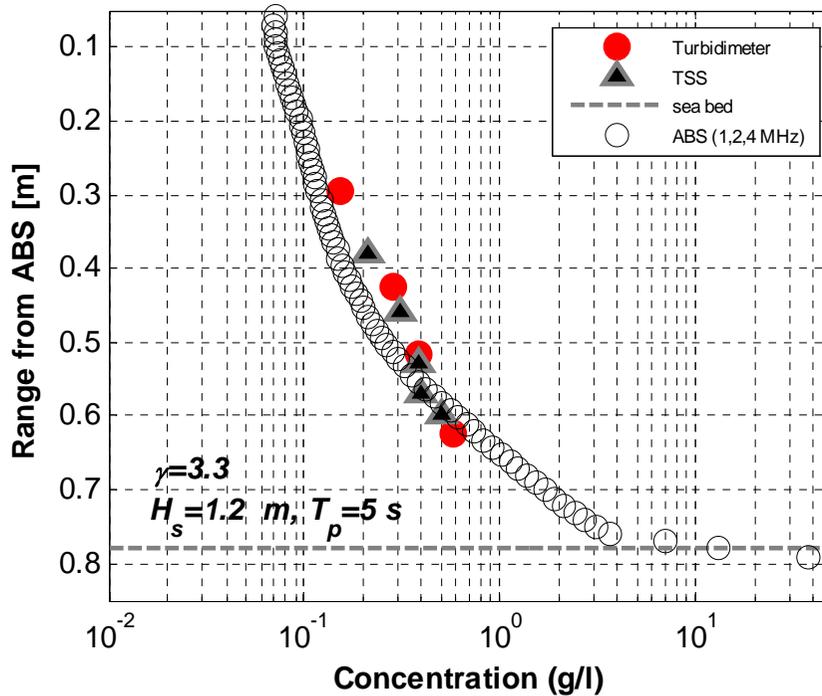


# ForschungsZentrum Küste

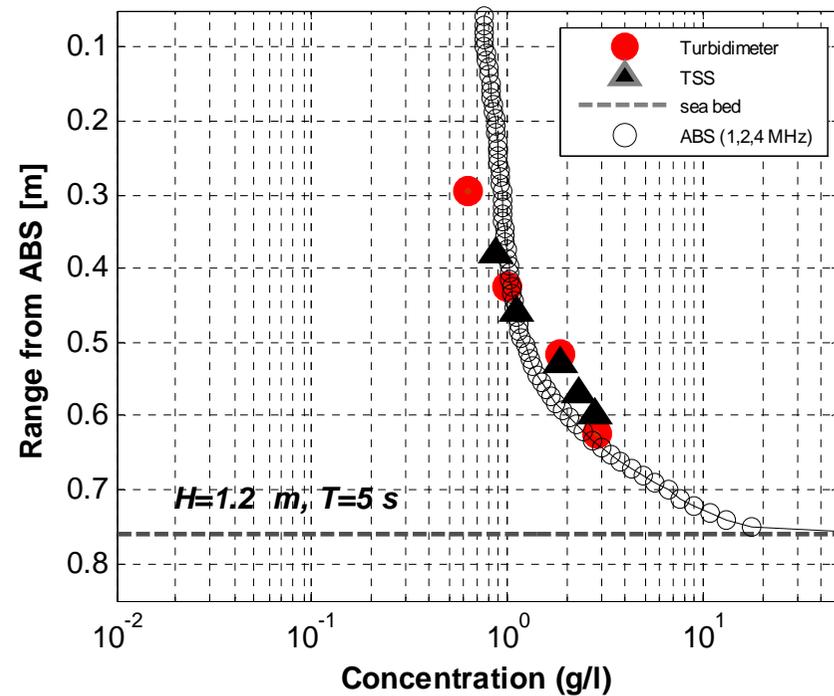
der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

Vergleich der Meßergebnisse für die Suspendierte Sandkonzentration SSC mit unterschiedlichen Meßsystemen, gemittelt über einen gesamten Versuch

- Turbidimeter
- Aquascatt-Profiler
- ▲ Absaugsystem TSS)



Unregelmäßige Wellen (Seegang)  
 ( $H_s = 1.2 \text{ m}, T_p = 5 \text{ s}$ )



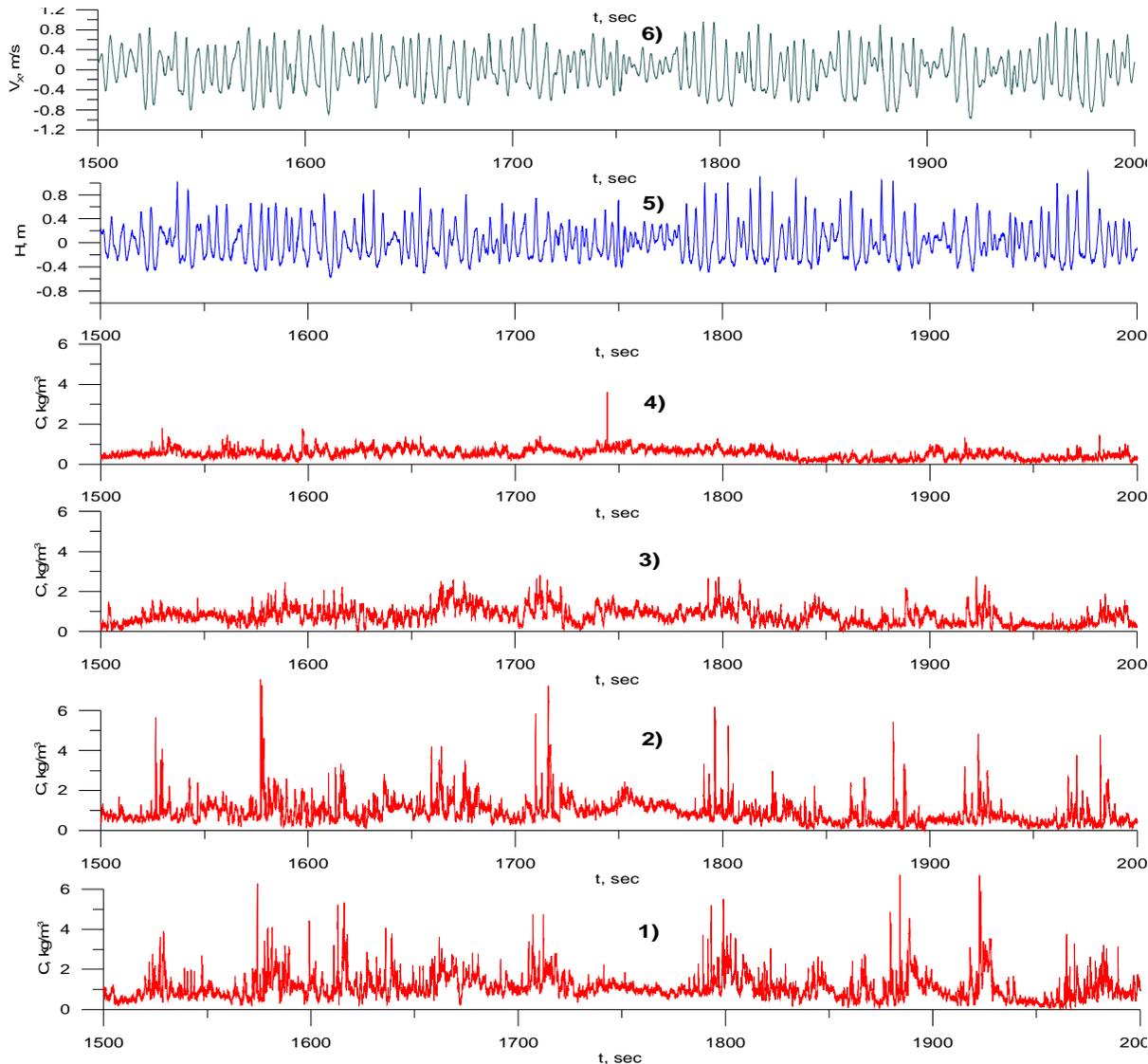
Regelmäßige Wellen  
 ( $H = 1.2 \text{ m}, T = 5 \text{ s}$ )



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Beispiel gemessener Zeitreihe (Sandkonzentration ) mit Turbidimeter



Horizontale sohlnahe  
Geschwindigkeit

Wasserspiegelauslenkung

Suspensions-Konzentration  
Z=40 cm

Suspensions-Konzentration  
Z=25 cm

Suspensions-Konzentration  
Z=15 cm

Suspensions-Konzentration  
Z=7 cm

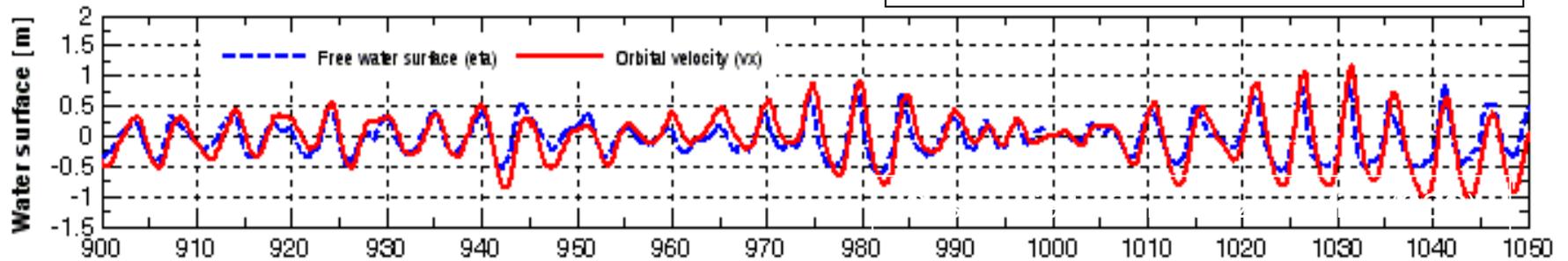


# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Beispiel gemessener Zeitreihe der Sandkonzentration mit Aquascatt - Profiler

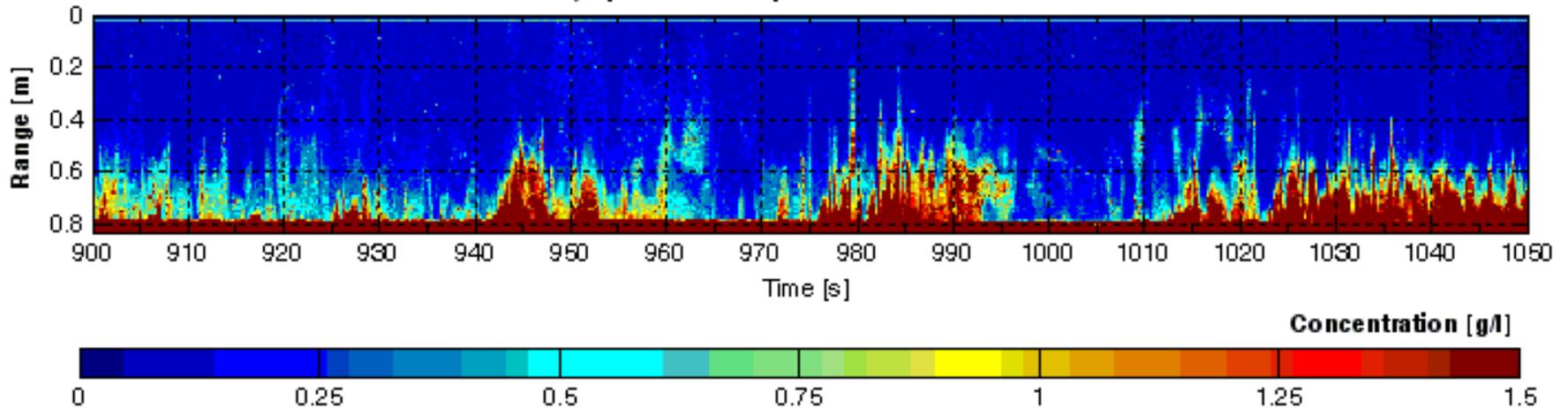
Oberflächenauslenkung,  
Horizontale sohlnahe Geschwindigkeit



Kontur-Plot

Suspensions-Konzentration (SSC)

f) Spatial and temporal fluctuation of SSC

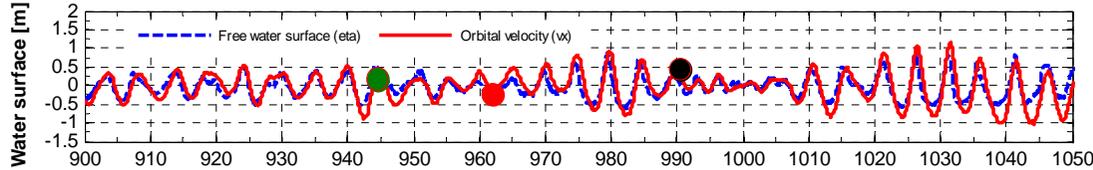




# ForschungsZentrum Küste

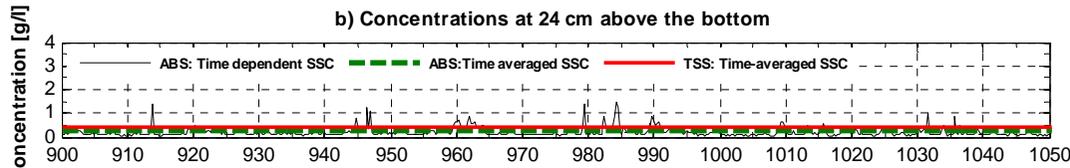
der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

a) Free surface elevation,  $\eta$ , and cross shore horizontal velocity component,  $v_x$ , measured at 20 cm above the bottom



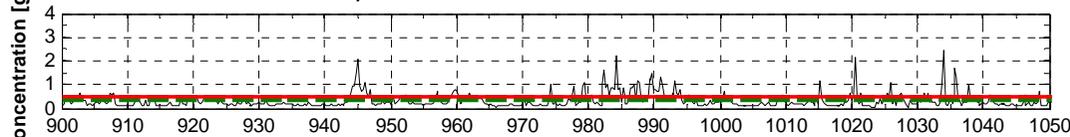
Oberflächenauslenkung,  
Horizontale sohlennahe  
Geschwindigkeit

b) Concentrations at 24 cm above the bottom



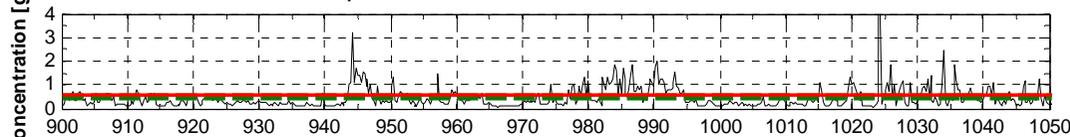
Suspensions-Konzentration  
Z=24 cm

c) Concentrations at 18 cm above the bottom



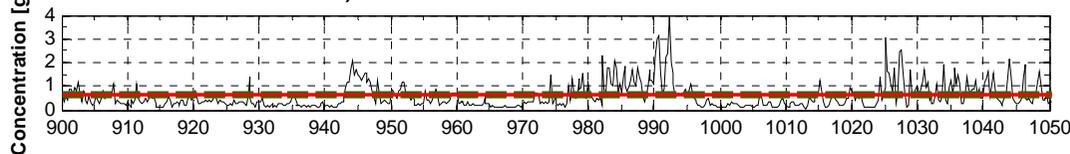
Suspensions-Konzentration  
Z=18 cm

d) Concentrations at 14 cm above the bottom



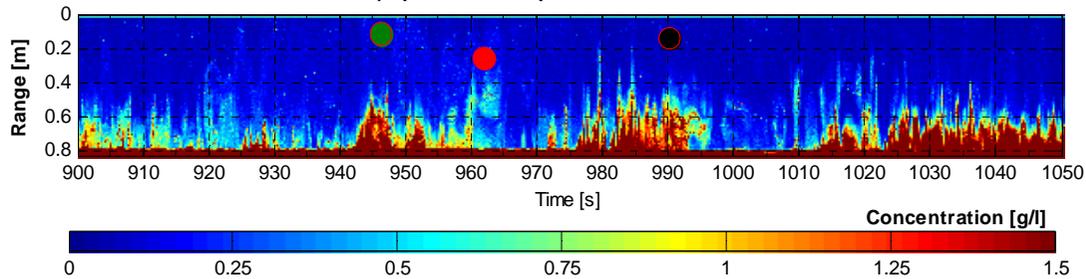
Suspensions-Konzentration  
Z=14 cm

e) Concentrations at 10 cm above the bottom



Suspensions-Konzentration  
Z=10 cm

f) Spatial and temporal fluctuation of SSC



Kontur-Plot



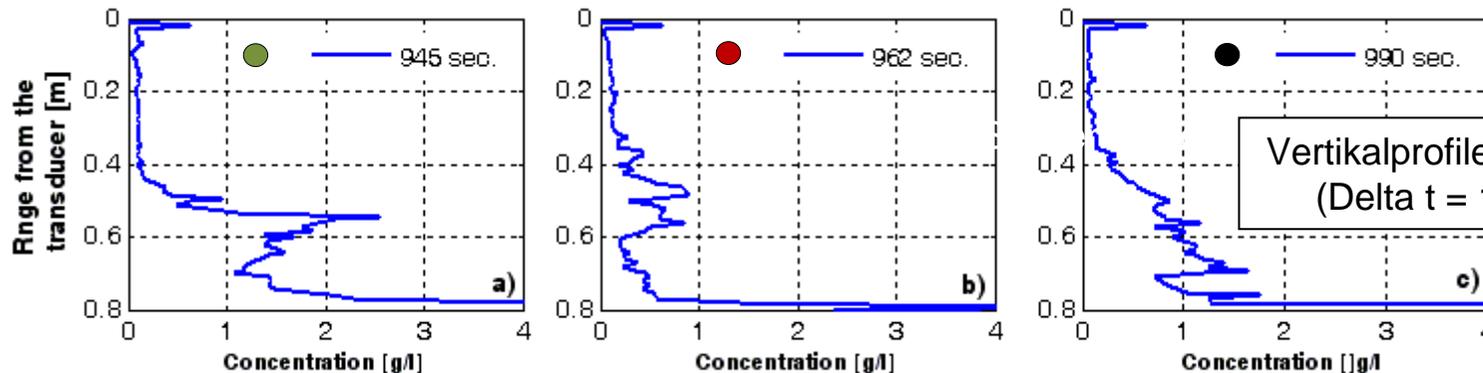
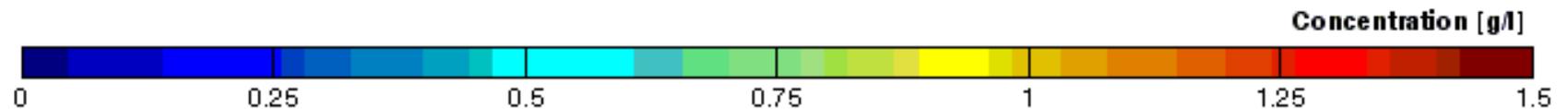
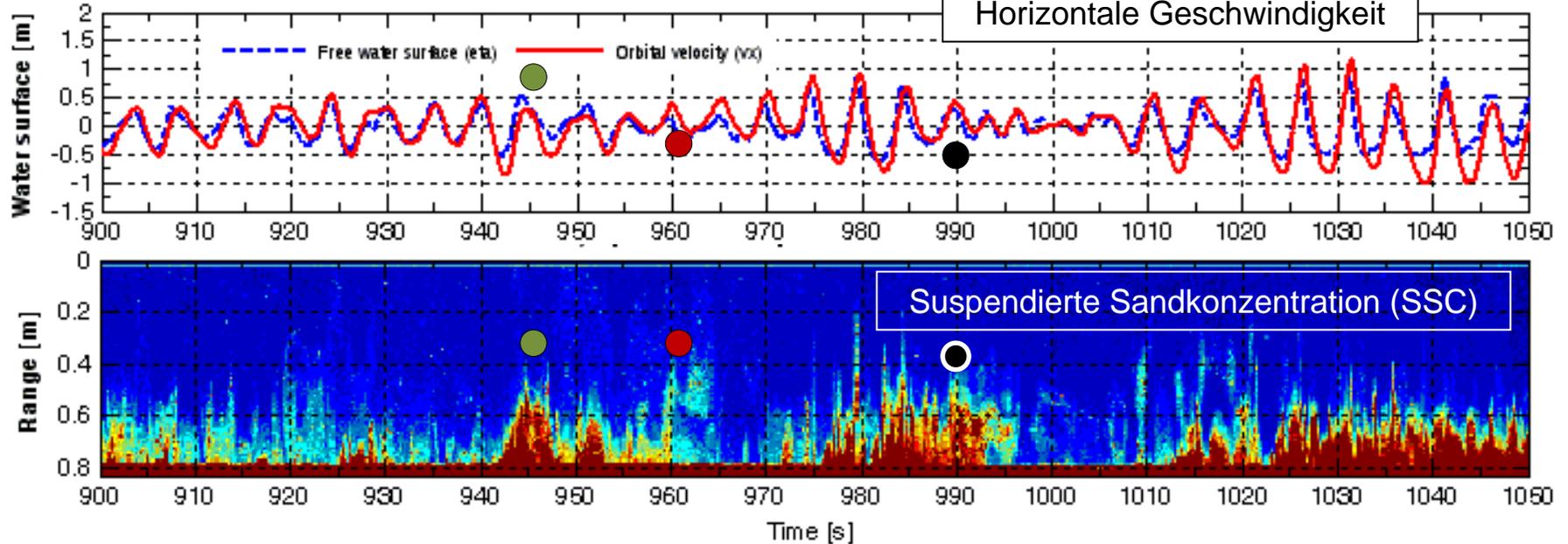
# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Beispiel gemessener Daten (Sandkonzentration mit Aquascatt - Profiler)

Unregelmäßiger Seegang

Oberflächenauslenkung,  
Horizontale Geschwindigkeit



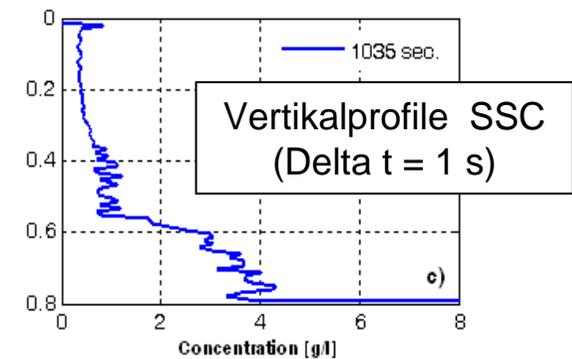
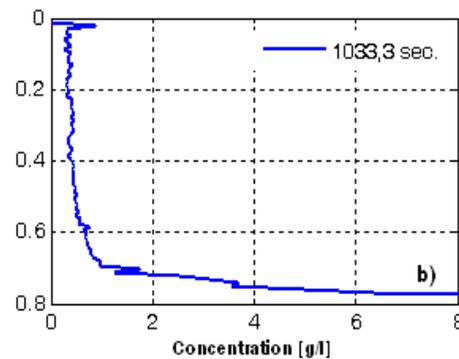
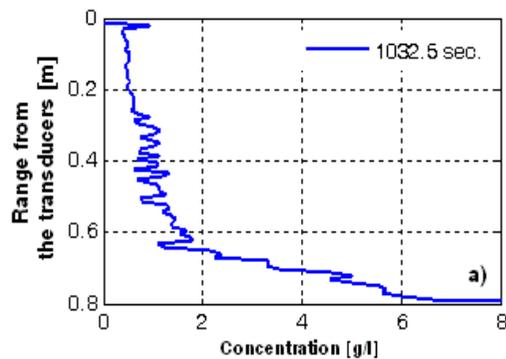
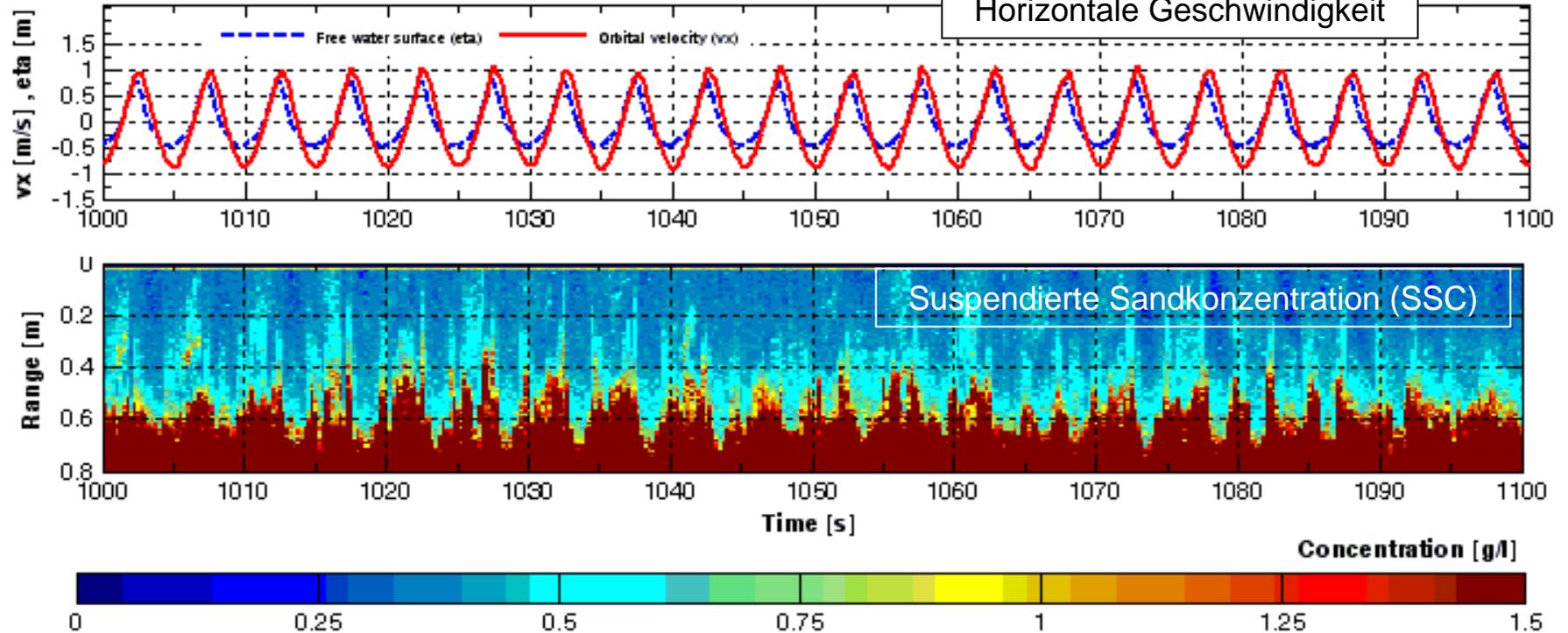


# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Beispiel gemessener Daten (Sandkonzentration mit Aquascatt - Profiler)

Regelmäßige Wellen



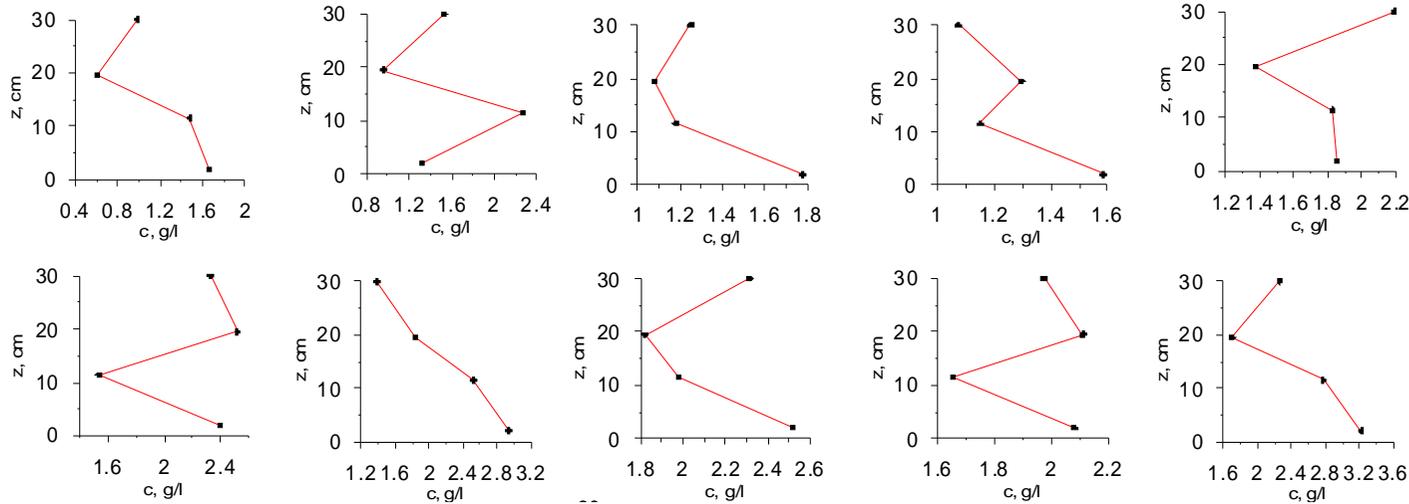
Vertikalprofile SSC  
(Delta t = 1 s)



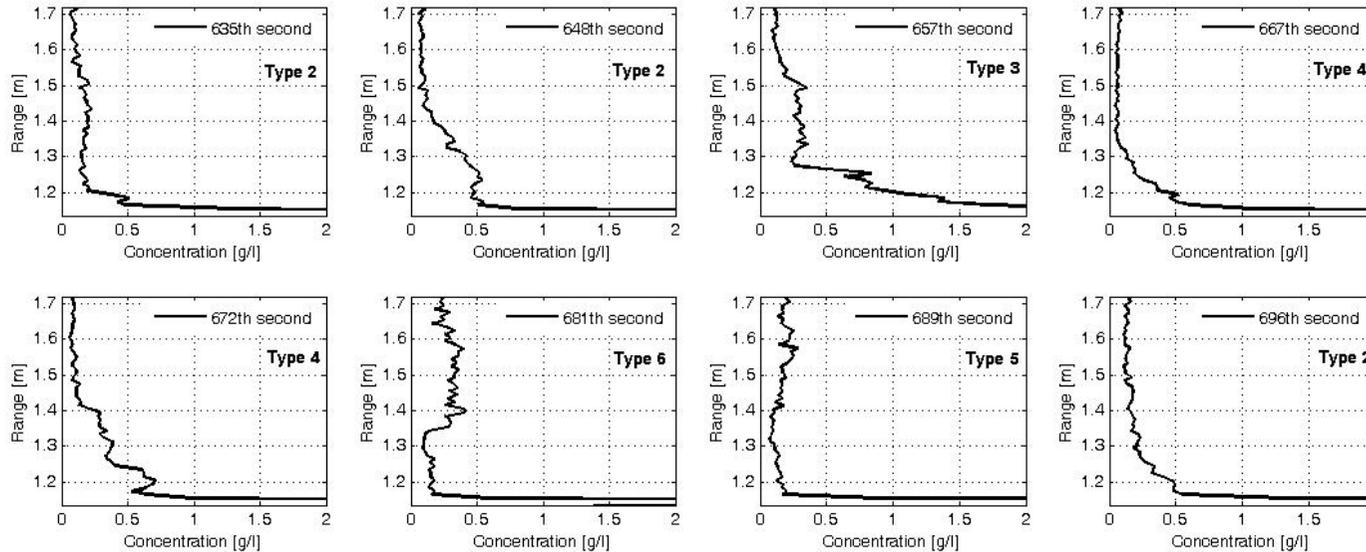
# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

## Zeitlich hoch aufgelöste vertikale Profile der Suspensions-Konzentrationen



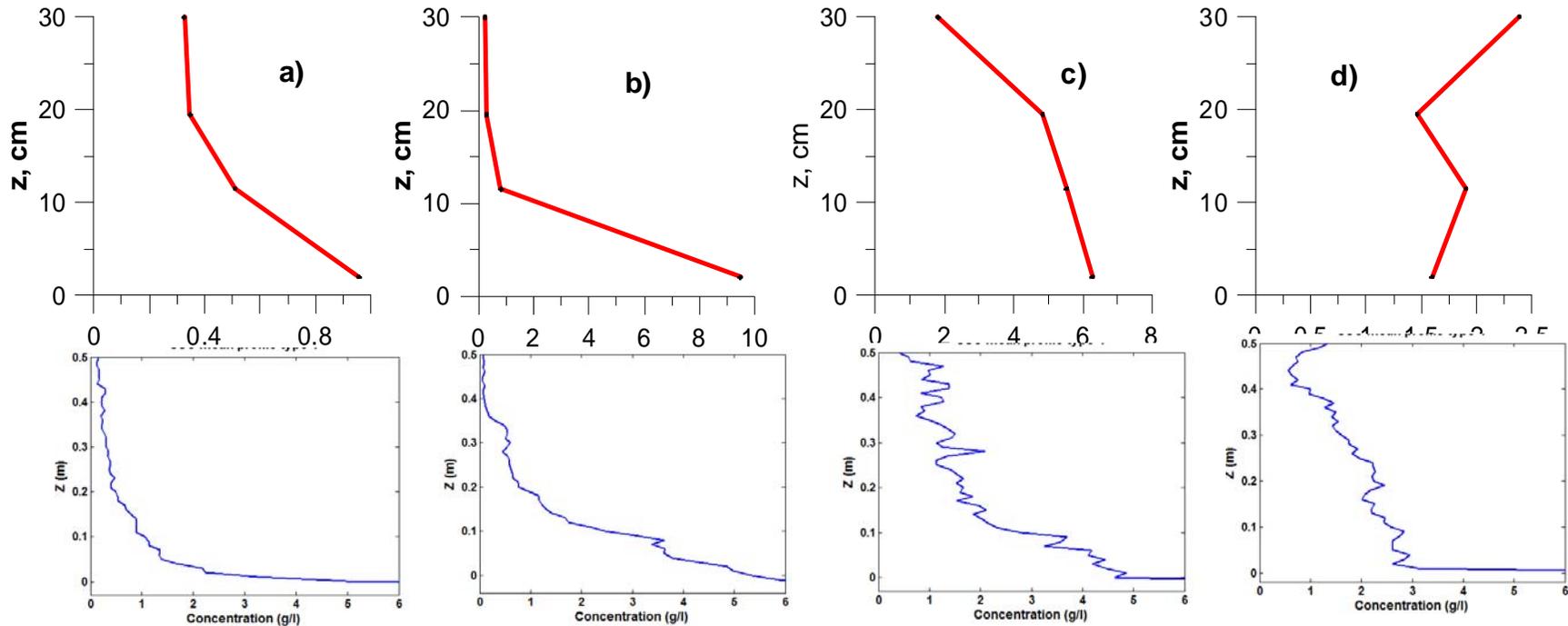
Gemessen mit  
Turbidimeter  
(delta t = 1 s)



Gemessen mit  
Aquascatt-Profiler  
(delta t = 1 s)



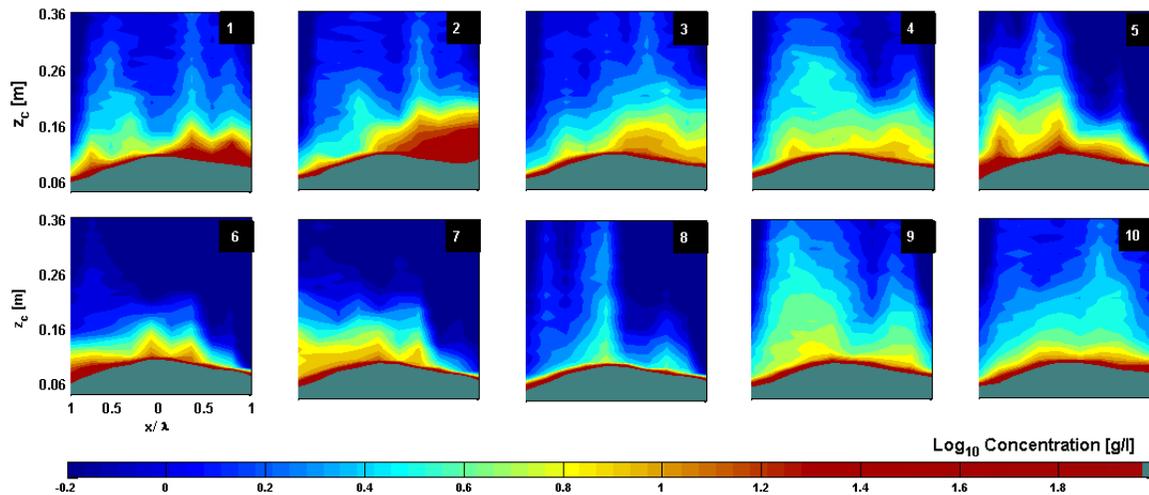
## Charakteristische Formen der vertikalen Profile der SSC



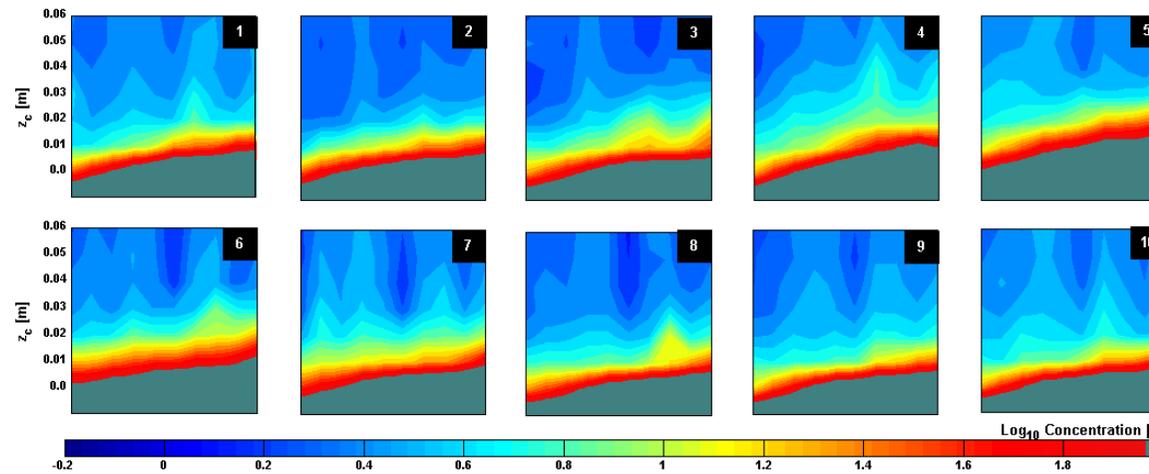
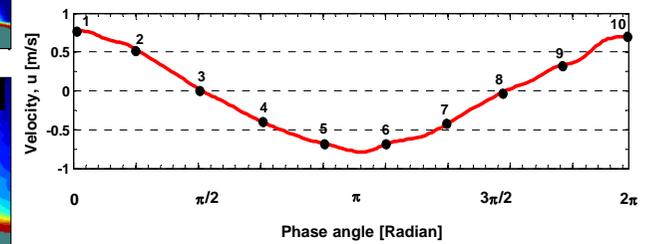
- a)** Geringe Werte für SSC zunehmend in Sohlhöhe: Auftreten bei geringen Geschwindigkeiten (kleine Wellenhöhen zwischen Gruppen mit großen Wellen)
- b)** Große Werte für SSC konzentriert in Bodennähe: tendiert zum sheet flow
- c)** Große Werte für SSC in einem Bereich von einigen Dezimetern oberhalb der Sohle: Auftreten bei großen Wellen oder unter brechenden Wellen
- d)** Vertikale Verteilung der SSC mit leicht zunehmenden Werten in Richtung Wasserspiegel: eine Wolke suspendierten Sandes hat sich nach einer hohen Welle von der Sohle abgelöst (nicht immer einer bestimmten Welle zugeordnet)



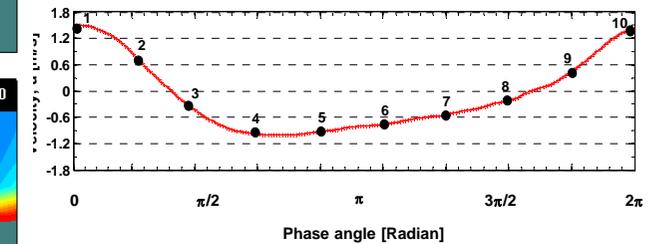
## Vergleich der phasenabhängigen Suspensions-Konzentration in Abhängigkeit von der Sohlflächenstruktur



Geriffelte Sohle



Glatte Sohle

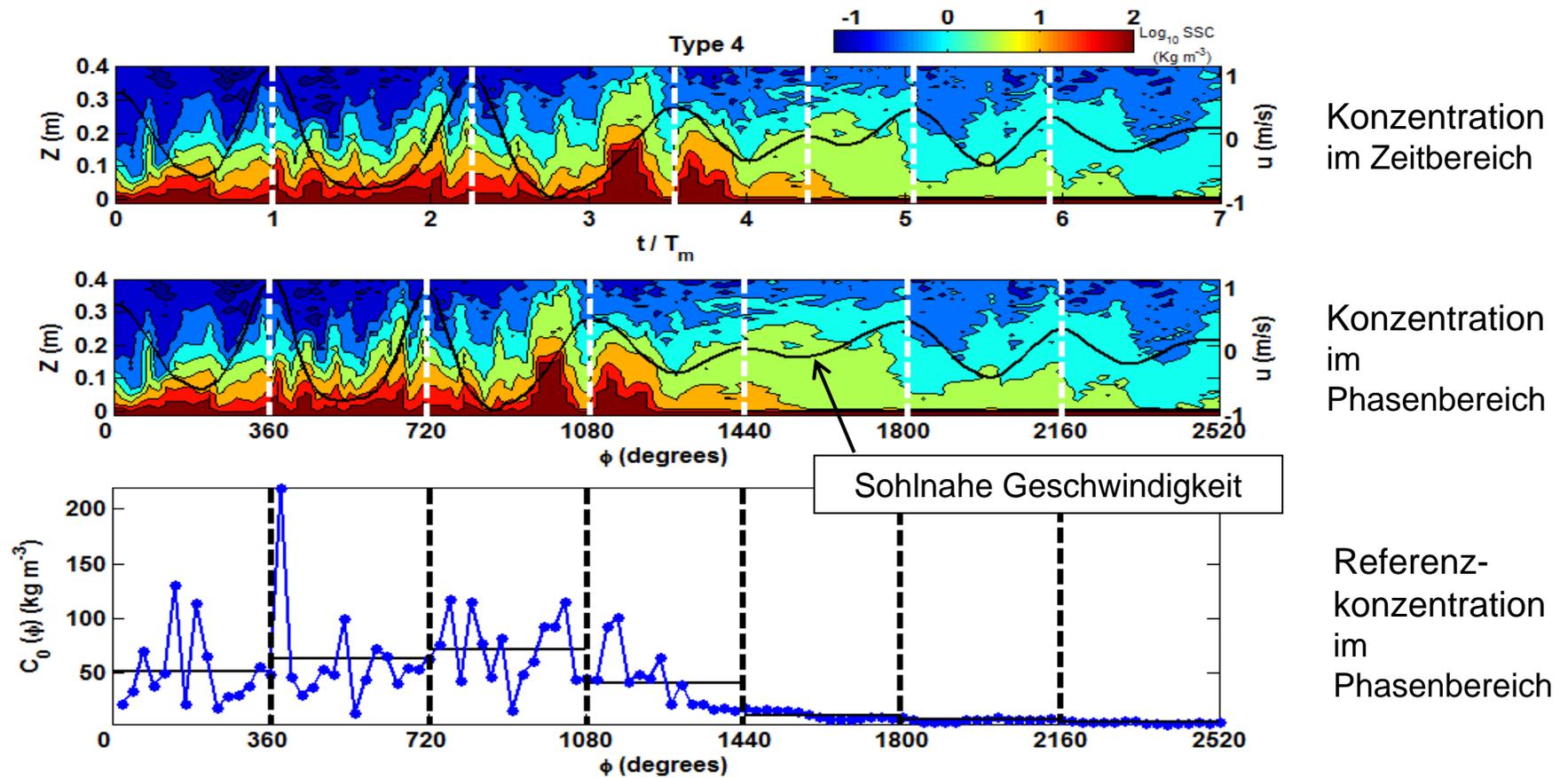




# ForschungsZentrum Küste

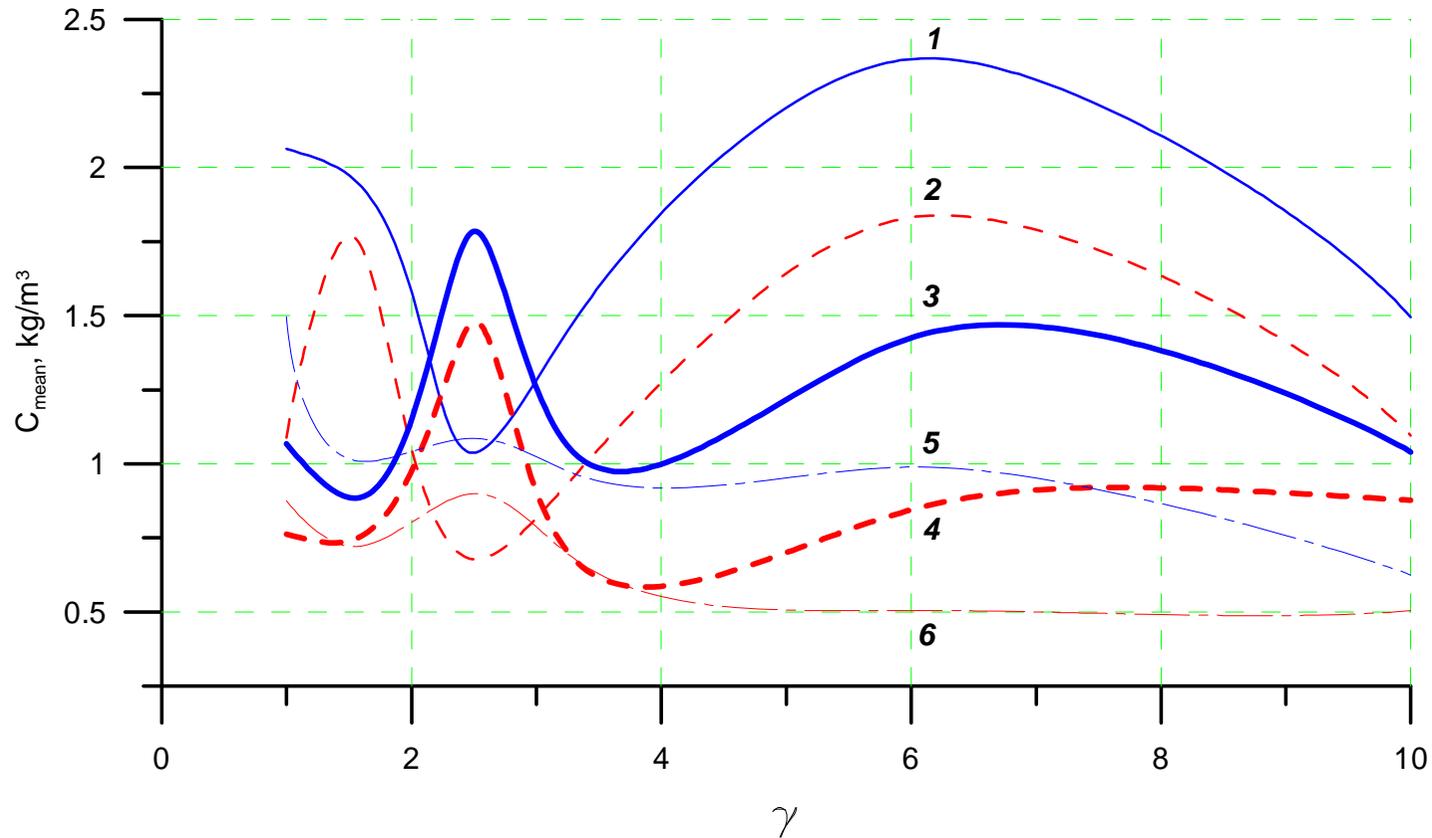
der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

Beispiel der Veränderung der Suspensions-Konzentration in einer Zeitreihe mit aufeinander folgenden 4 größeren und 3 kleineren Wellen





## Einfluß der Seegangscharakteristik auf die Suspendierte Sandkonzentration SSC



- 1  $h_{sign}=0,9m, d=7cm$
- 2  $h_{sign}=0,9m, d=15cm$
- 3  $h_{sign}=1,1m, d=7cm$
- 4  $h_{sign}=1,1m, d=15cm$
- 5  $h_{sign}=1,0m, d=7cm$
- 6  $h_{sign}=1,0m, d=15cm$

SSC versus Spektrale Steilheit  $\gamma$

$\gamma$  : Energiedichteverteilungsfaktor



## Zusammenfassung

- Die Analyse der gesammelten Messdaten, die zeitgleich mit drei unterschiedlichen Meßsystemen (akustische Meßsonde, optische Trübheitsmesser und mechanisches Ansaugsystems) ermittelt wurden, zeigte in den meisten Fällen keine signifikanten Abweichungen zwischen den zeitgemittelten Konzentrationen.
- Die akustische Sonde (Aquascatt-Profiler) eignet sich am besten zur Konzentrationsmessung, da die Sonde sowohl ein vollständiges vertikales Profil der Konzentrationsmengen als auch ein gesamtes Konzentrationsbild suspendierter Sedimente mit hoher Auflösung erzeugt. Damit ermöglicht die Sonde die Sedimentbewegungsprozesse, insbesondere in den bodennahen Bereichen, detailliert zu untersuchen.
- Beispielhaft wurden detaillierte Untersuchungsergebnisse zur zeitlichen und räumlichen Verteilung der suspendierten Sedimentkonzentration dargestellt.
- Weiterhin wurden einige Transportmechanismen sowohl über geriffelten als auch über glatten Sohlen aufgezeigt.



# ForschungsZentrum Küste

der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !