

# Stofftransportmodellierung

**HYDRO\_ST-2D**

# HYDRO\_ST-2D

## Advektions - Diffusionsgleichung

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(h C_i) + \frac{\partial}{\partial x}(uhC_i) + \frac{\partial}{\partial y}(vhC_i) = \\ = \frac{\partial}{\partial x}(k_x h \frac{\partial C_i}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(k_y h \frac{\partial C_i}{\partial y}) + S_{ei} - S_{di} \end{aligned}$$

$C_i$  Schweb- / Schadstoffkonzentration [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],

$k_x$  und  $k_y$  Diffusionskoeffizienten in x und y Richtung [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$S_{di}$  Ablagerungsterm [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ],

$S_{ei}$  Erosionsterm [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ].

# Schwebstofftransport

## Ablagerungs - / Erosionsterme (Ton, Schluff)

### Ablagerungsterm:

$$S_{di} = p_i w_{si} C_i, \quad w_{si} = k_{si} C_i^{m_{si}}, \quad p_i = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cdi}}$$

### Erosionsterm:

$$S_{ei}^* = E_i \left( \frac{\tau_b}{\tau_{cei}} - 1 \right) \quad (\text{Ariathurai und Arulanandan 1978})$$

$$S_{ei}^{**} = \varepsilon_{0i} \exp \alpha_i \left( \frac{\tau_b}{\tau_{cei}} - 1 \right)^{\beta_i} \quad (\text{Parchure und Mehta 1985})$$

# Stofftransport

Ablagerungs - / Erosionsterme

Sedimente mit überwiegendem Sandanteil

$$S_i = w_{si} (C_i^* - C_i) / a$$

$C_i^*$  = Gleichgewichtskonzentration  
(Engelund-Hansen, Ackers-White, etc.)

$a$  = Anpassungsparameter

$w_{si}$  = Sinkgeschwindigkeit

**Einfluss von Sohlenformen (Riffeln, Dünen) nach Yalin**

# Numerik: Advektion

Raumdiskretisierung: Finite Volumen

Zeitdiskretisierung: Explizit

Genauigkeit in Raum und in der Zeit:

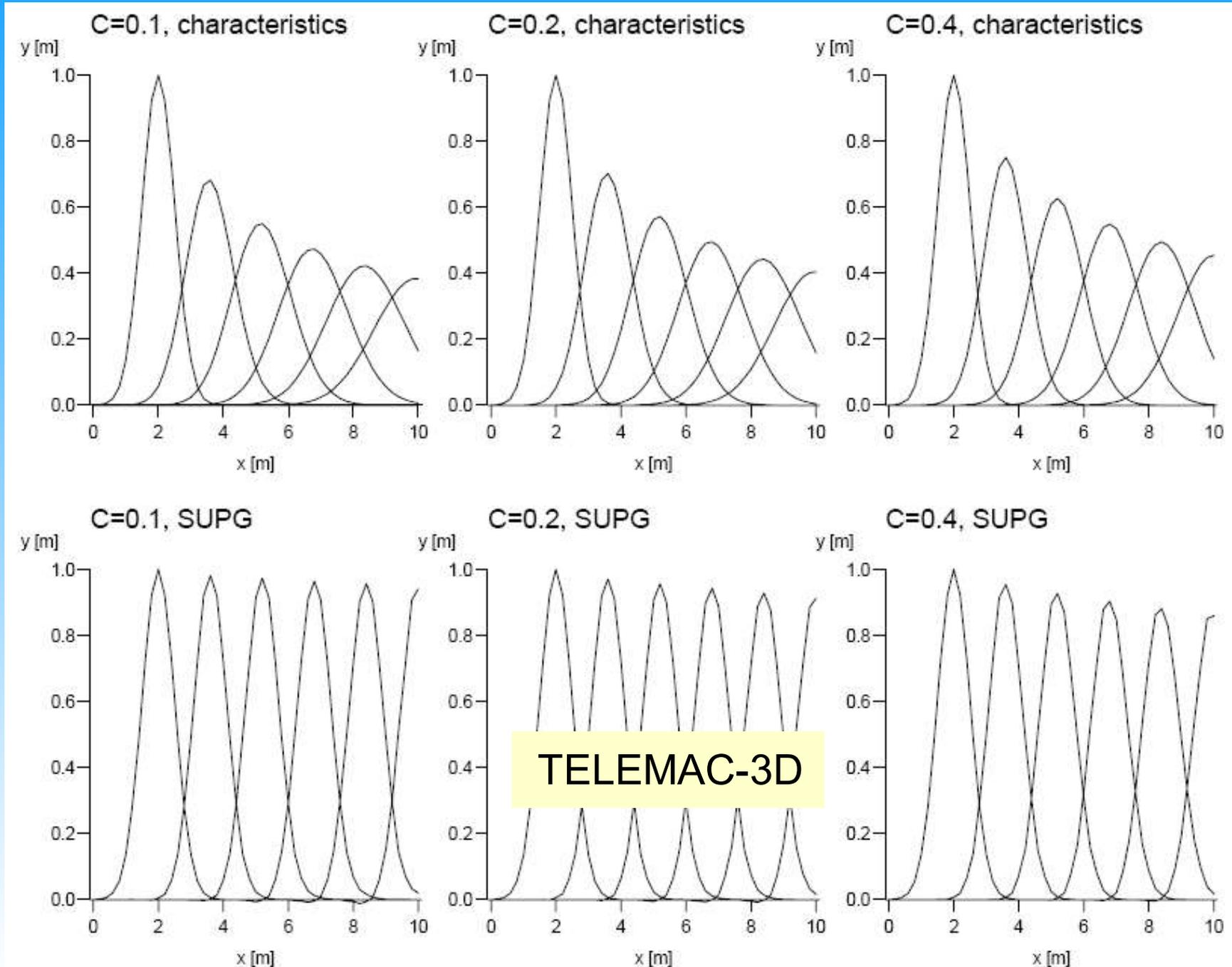
- \* mindestens 2. Ordnung
- \* in linearem Fall 3. Ordnung

Validierungsdokument:

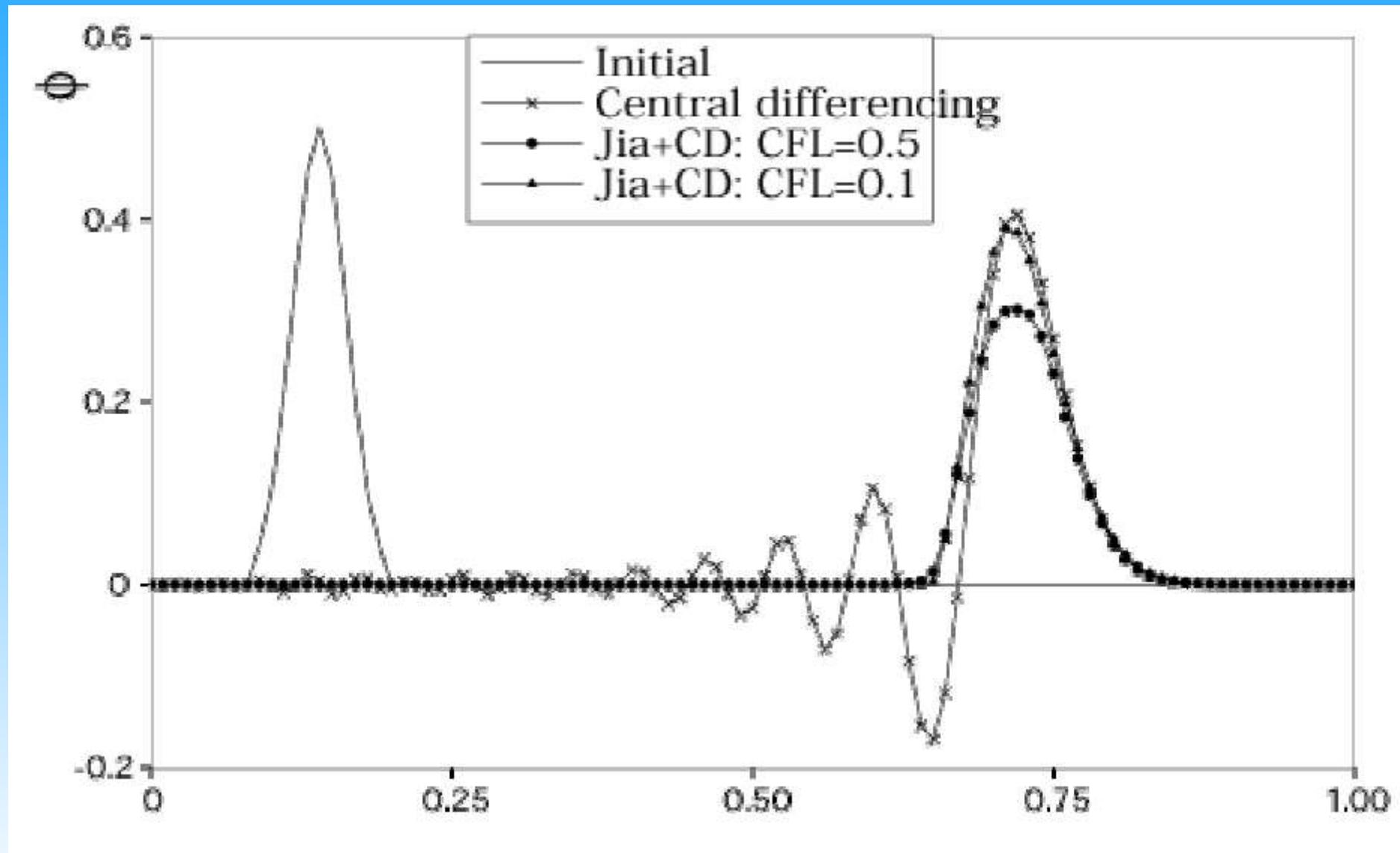
- \* Standardtestfälle, Vergleich mit analytischen Lösungen
- \* Nachrechnung von Modellversuchen

# Validierung Numerik: 1d- Advektion

Dissertation Jankowski, 1999, Universität Hannover

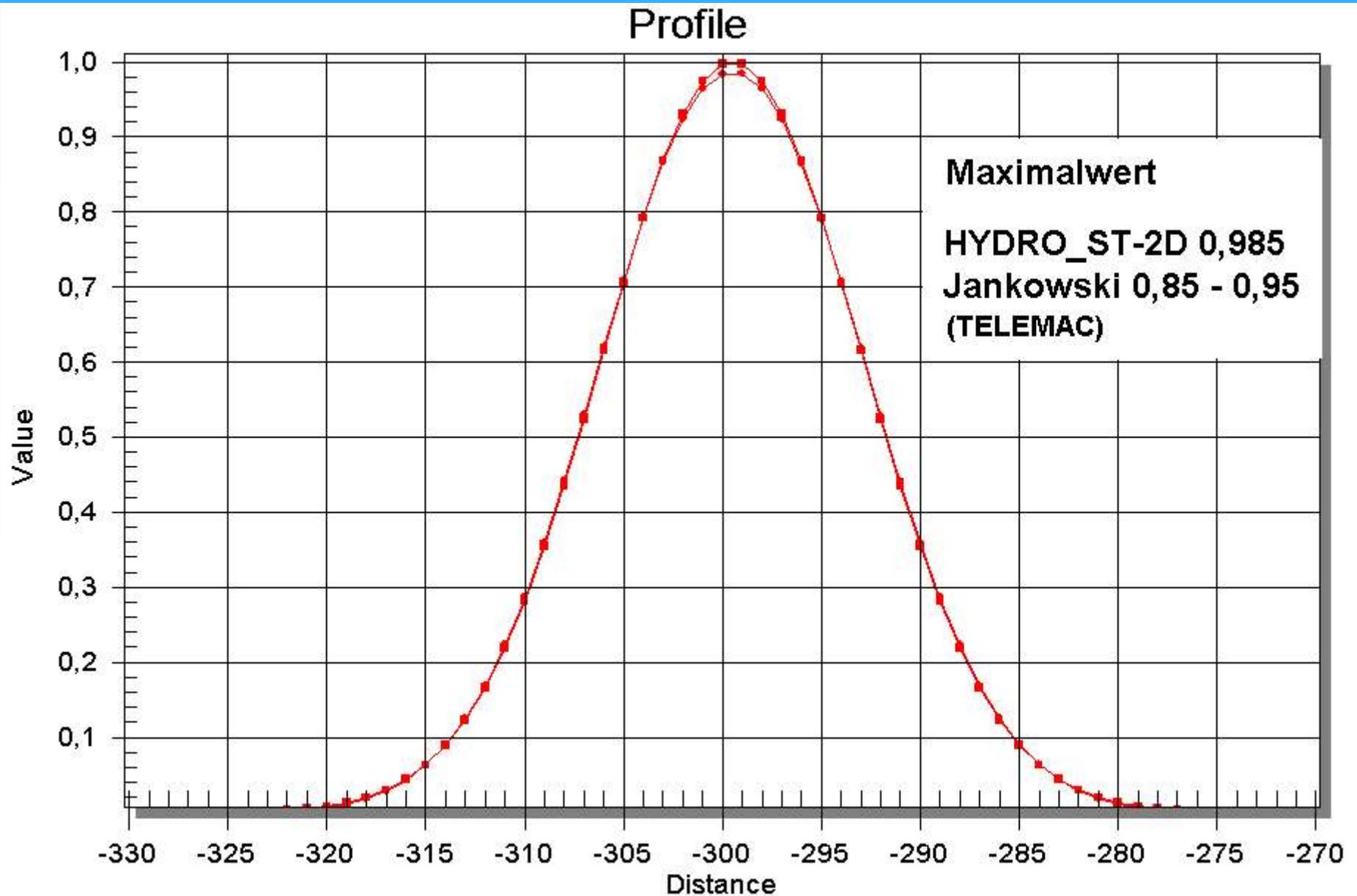


# Numerik: 1d- Advektion



# Validierung Numerik: 1d- Advektion

## HYDRO\_ST-2D



# Validierung Numerik: 2d- Advektion / Rotating cone

Dissertation Jankowski, 1999, Universität Hannover

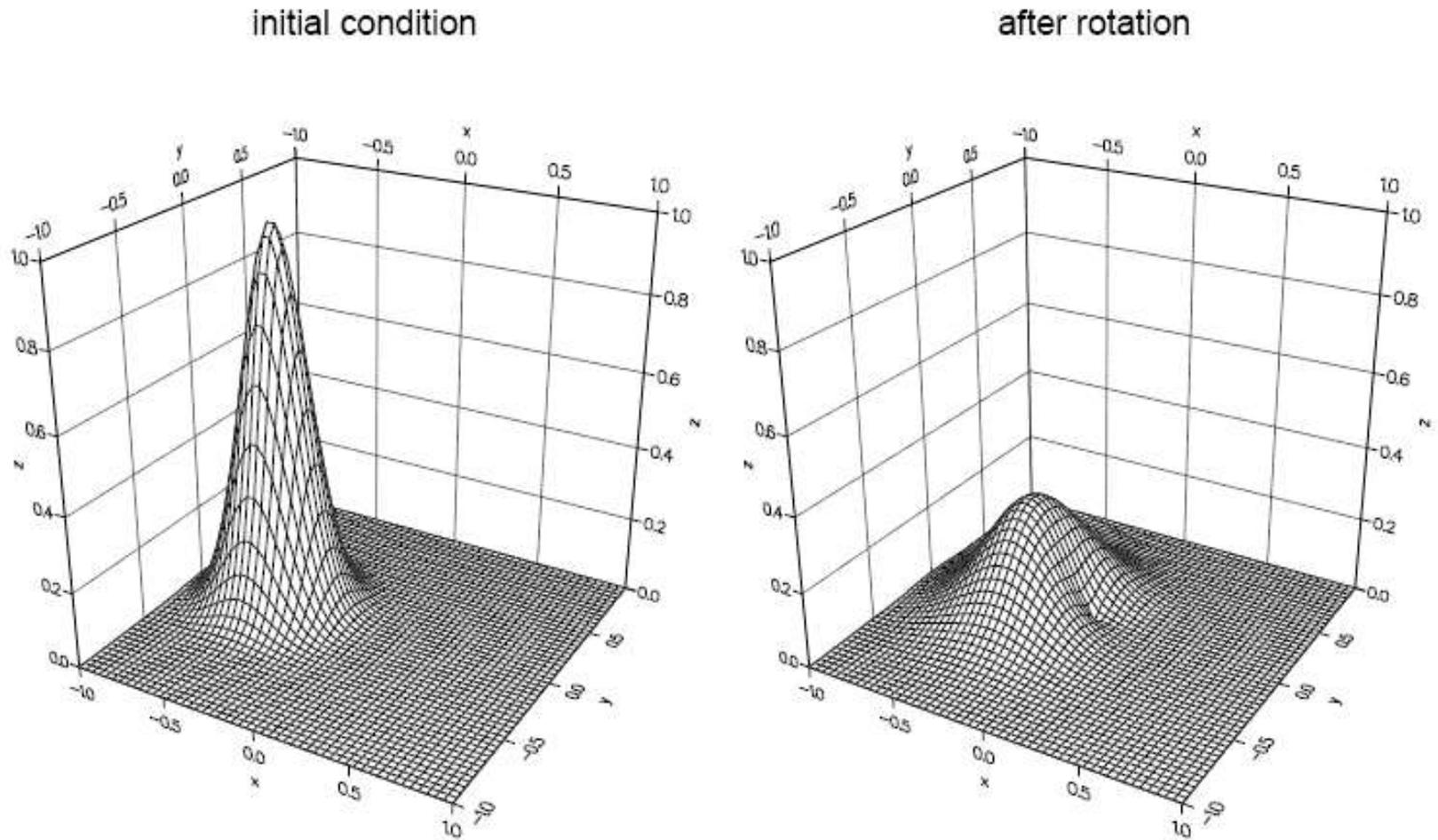
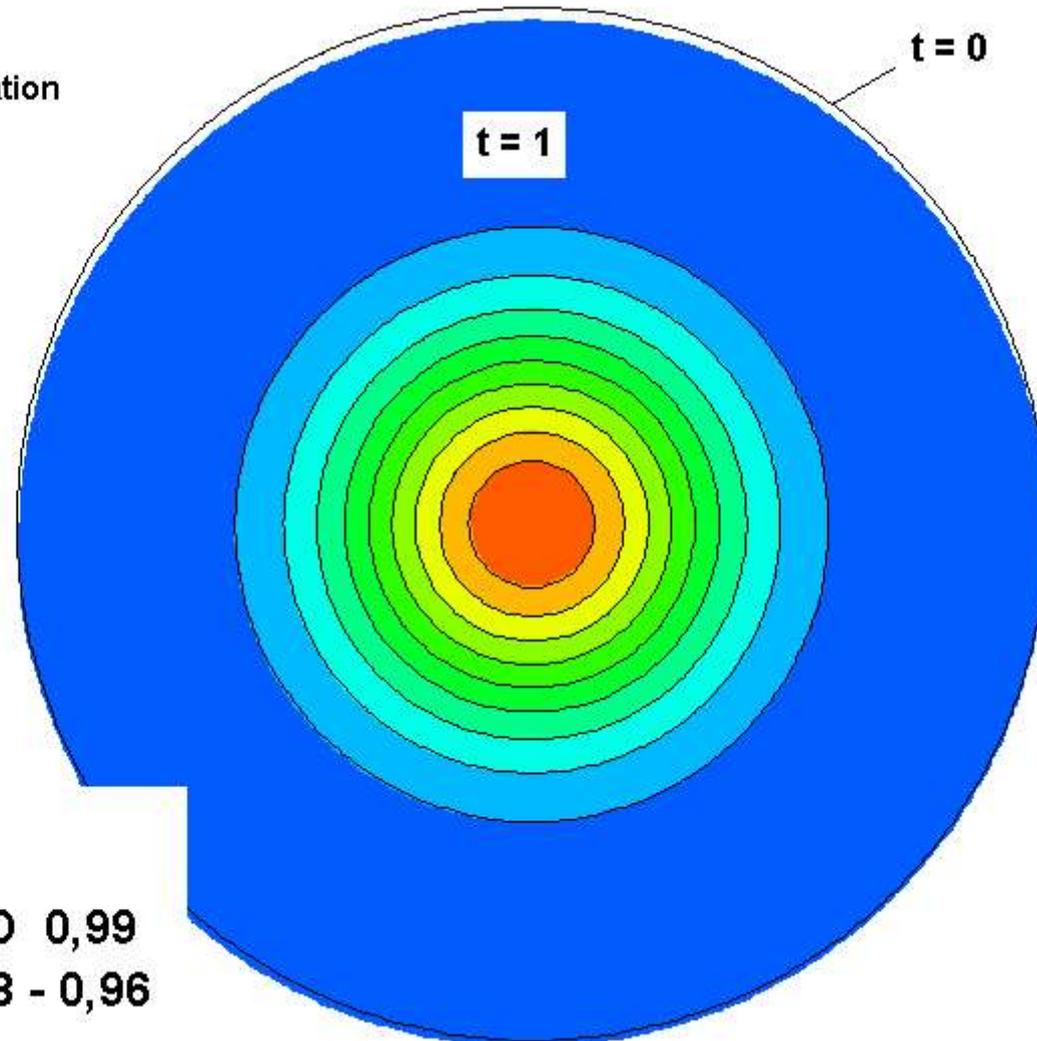
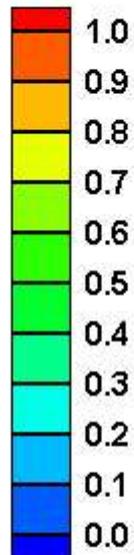


Figure 4.8: Rotating profile test, kinematic BC, method of characteristics,  $C = 0.1$ . The maximum value after one rotation is 0.307.

# Validierung Numerik: 2d- Advektion / Rotating cone

## HYDRO\_ST-2D

Stoffkonzentration



Maximalwert

HYDRO\_ST-2D 0,99  
Jankowski 0,8 - 0,96  
(TELEMAC)

# Geschiebetransport

## HYDRO\_GS-2D

### Exner - Gleichung

$$(1 - n_p) \rho_s \frac{\partial z}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{g}_s = s, \quad \vec{g}_s = \sum \vec{g}_{Si}, \quad s = \sum S_i$$

$\rho_s$  = Dichte des Sediments,  $n_p$  = Porosität am Bett,  
 $g_s$  = Vektor des Geschiebetriebes,  
 $s$  = Ablagerungs- / Erosionsterm für die Schwebstoffe

**Geschiebetrieb:**

**Erweiterte Mayer – Peter – Müller Formel**

# Geschiebetransport

## HYDRO\_GS-2D

### Einfluss von Flusskrümmungen (Winkelabweichung infolge Sekundärströmung)

Rozowski  
Bridge

$$\tan \delta_r = -A \frac{h}{r}$$

### Einfluss von Sohlenneigung

Talmon  
Schmautz

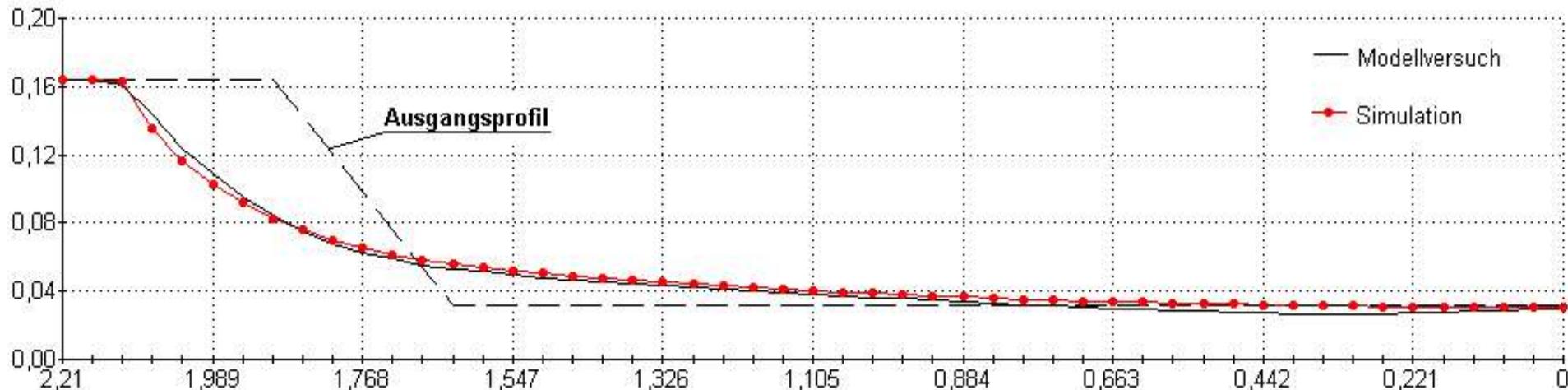
$$\tan \alpha = \frac{\sin \psi - \frac{1}{f(\Theta)} \frac{\partial z_b}{\partial y}}{\cos \psi - \frac{1}{f(\Theta)} \frac{\partial z_b}{\partial x}}$$

# Geschiebetransport

## HYDRO\_GS-2D

### Böschungskollaps (Ufererosion / Flussaufweitung)

Wenn der Böschungswinkel ( $\gamma$ ) größer als der innere Reibungswinkel ( $\gamma_{cr}$ ) ist



Vergleich mit dem Modellversuch von Schmautz / TU München 2003

# Stofftransportmodellierung

## Ausblick

Fraktionierter Geschiebe Transport

Zweischichtenmodell wie in MORMO (HZP)  
(Sortierungsprozesse, Deckschichtbildung)

Koppelung Schwebstoff – Geschiebe

(Fertigstellung voraussichtlich im Herbst 2008)

A vertical decorative bar on the left side of the slide, featuring a blue-to-purple gradient and several translucent, 3D-rendered bubbles of varying sizes.

# Beispiele