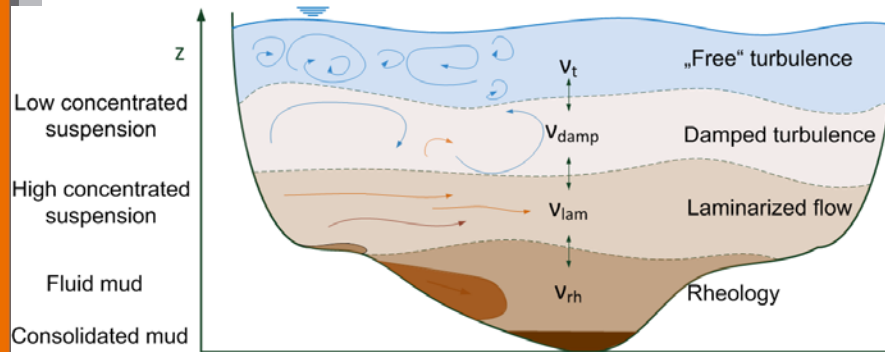




Untersuchungen und Entwicklung eines Ansatzes zur Modellviskosität zwischen Turbulenz und Rheologie

Andreas Malcherek
Oliver Chmiel
Institut für Wasserwesen

Die Verschlickung der Ems



BAW



BAW

```

function [flow] = world
if C == x
    flow = free_turbulence;
elseif C == y
    flow = damped_turbulence;
elseif C == z
    flow = laminarized_flow;
else
    flow = rheology;
end
end

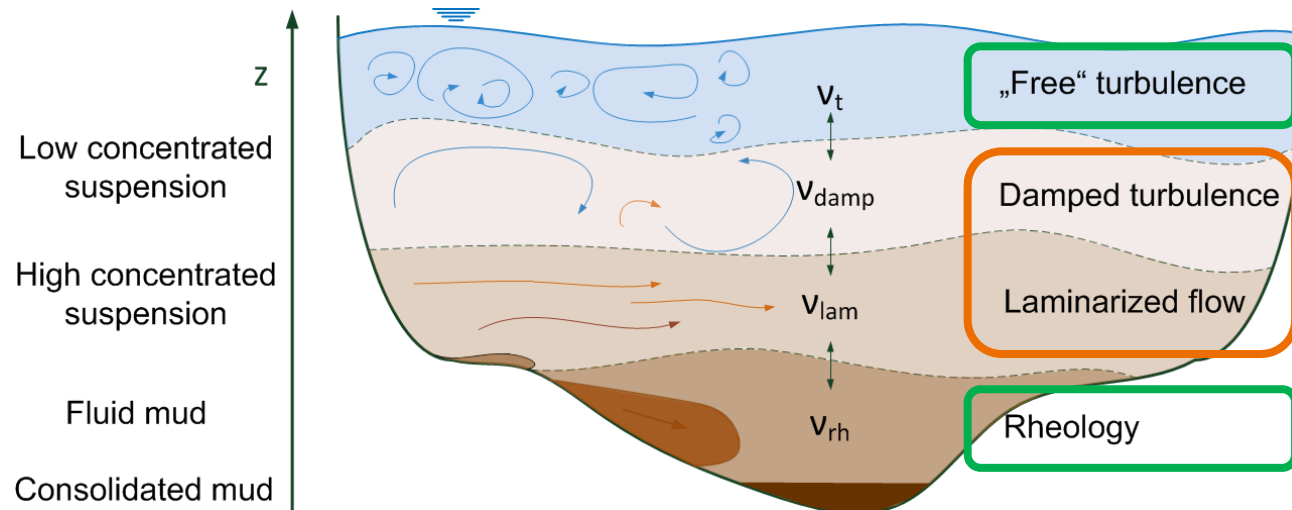
```

Das Problem

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \text{div}(\vec{u} \otimes \vec{u}) = -\frac{1}{\rho_b} \text{grad } p + \text{div}(v_t \text{ grad } \vec{u}) + \vec{g}$$

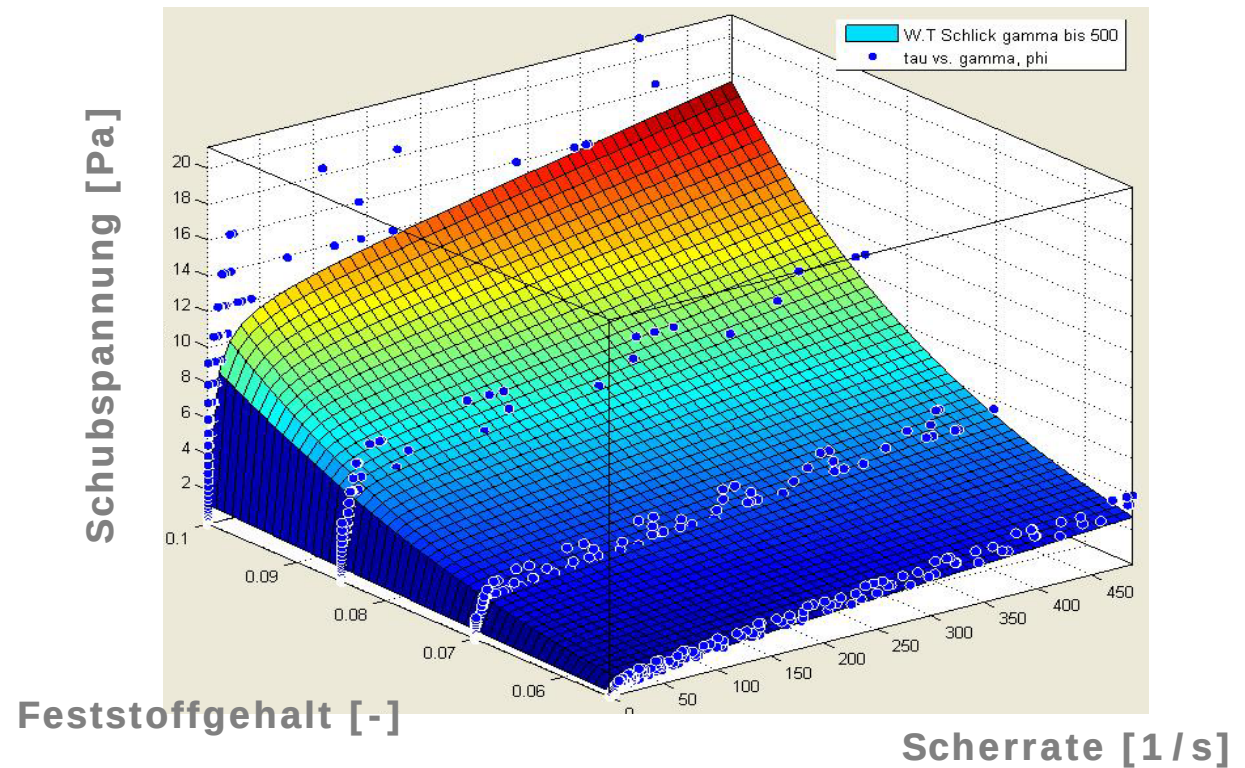
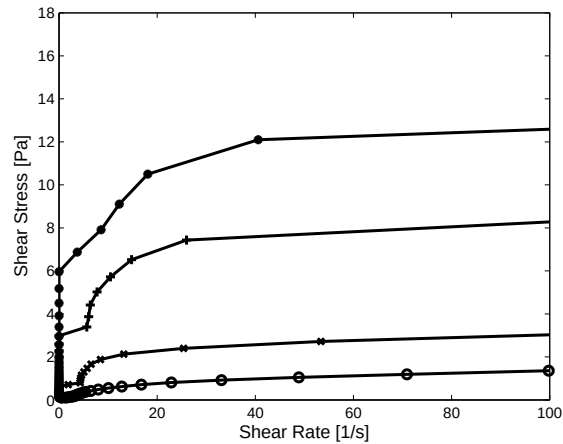


?



$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \text{div}(\vec{u} \otimes \vec{u}) = -\frac{1}{\rho_b} \text{grad } p + \text{div}(v_{\text{rheol}} \text{ grad } \vec{u}) + \vec{g}$$

Das Projekt MudSim



$$\tau(\dot{\gamma}, \phi) = 7021 \text{ Pa } \phi^{4.245} + \mu_w \exp(14.69\phi) \dot{\gamma} + \frac{1}{1 + 0.02193 \dot{\gamma} \phi^{-0.5808}} \dot{\gamma}$$

Das rheologische Modell von Worrall-Tuliani

Aggregationsparameter:

$$\frac{d\lambda}{dt} = \underbrace{c_{floc}(1-\lambda)}_{\text{Flockenbildung}} - \underbrace{c_{break}\dot{\gamma}\lambda}_{\text{Zerstörung von Flocken}}$$

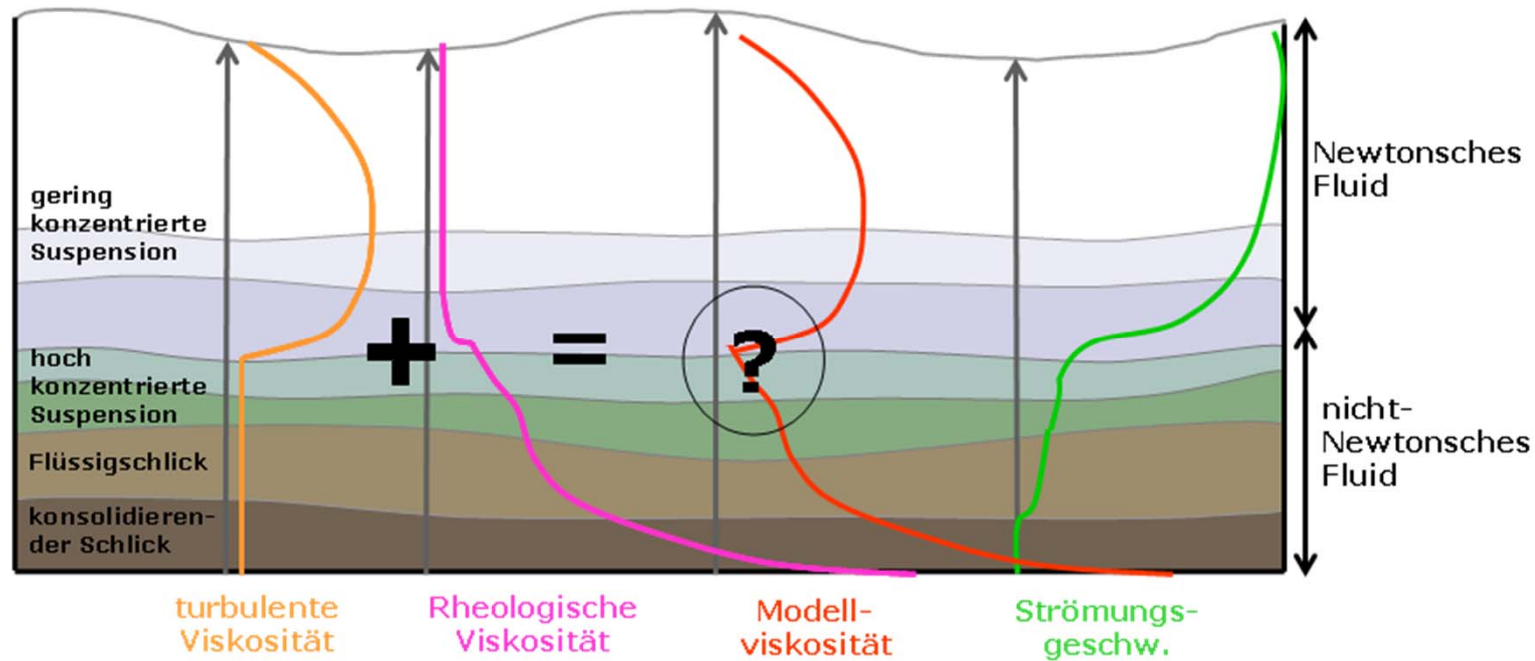
$$\lambda_{eq} = \frac{c_{floc}}{c_{break}\dot{\gamma} + c_{floc}} = \frac{1}{\frac{c_{break}}{c_{floc}}\dot{\gamma} + 1}$$

Zunahme der Viskosität durch Flockenbildung:

$$\mu = \frac{\tau_y}{\dot{\gamma}} + \mu_0 + \Delta\mu \frac{1}{\frac{c_{break}}{c_{floc}}\dot{\gamma} + 1}$$



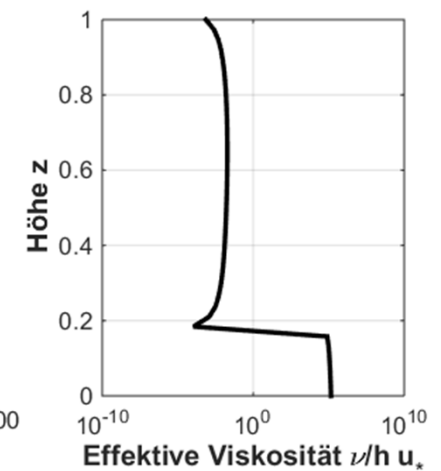
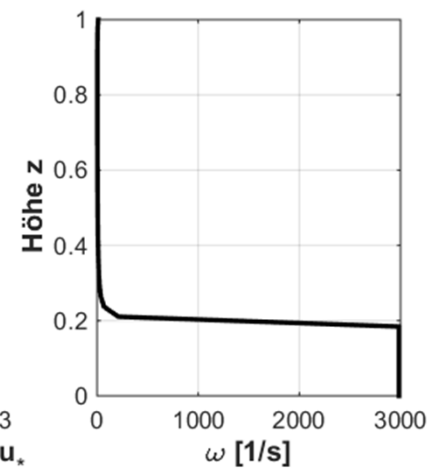
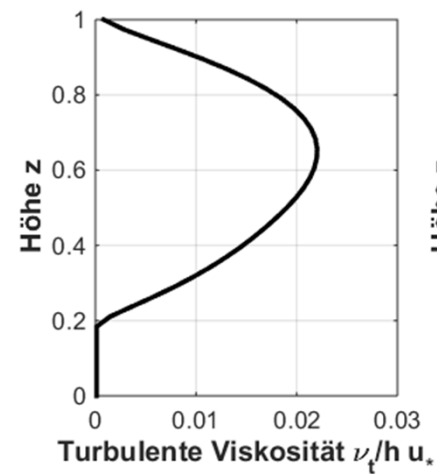
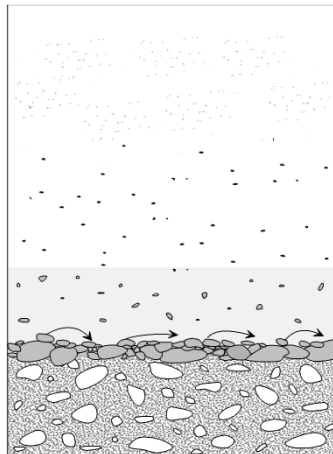
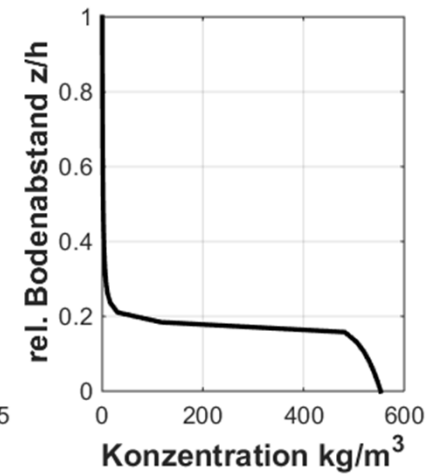
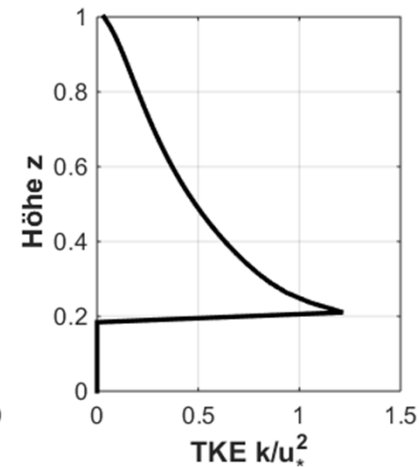
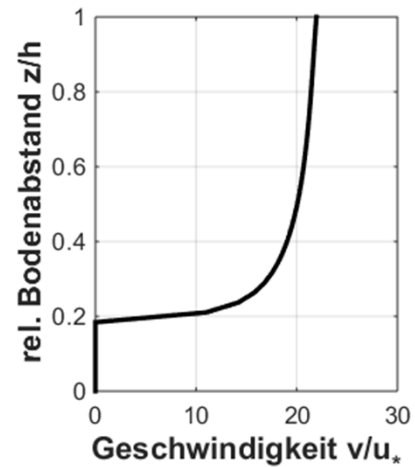
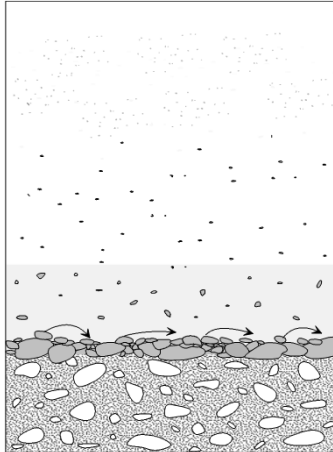
Ein kontinuierlicher Modellansatz



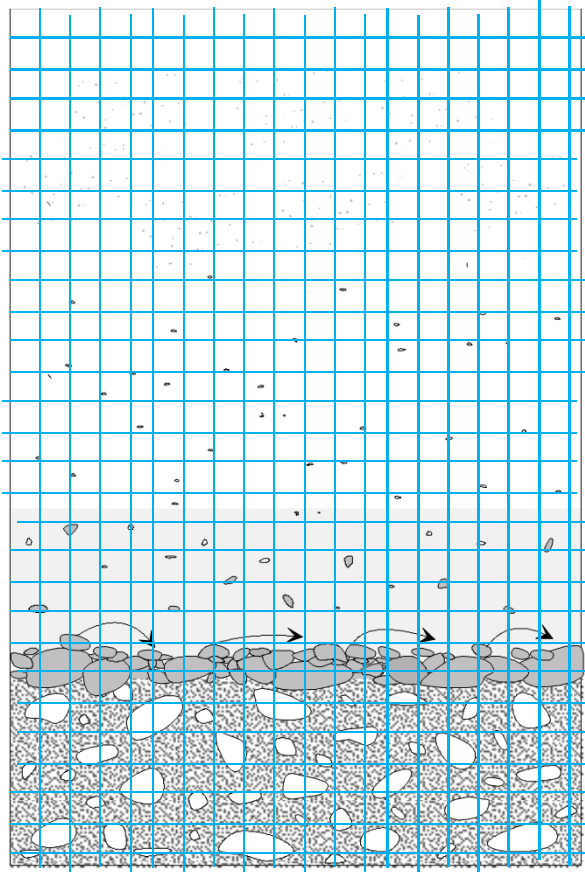
$$v_{\text{eff}} = v_{\text{rh}} + v_{\text{t}}$$

$$v_{\text{eff}} = v_{\text{rh}} + \frac{k^2}{\omega}$$

Verschwundet die Turbulenz im Boden?



Verschwinden rheologische Effekte im Klarwasser?



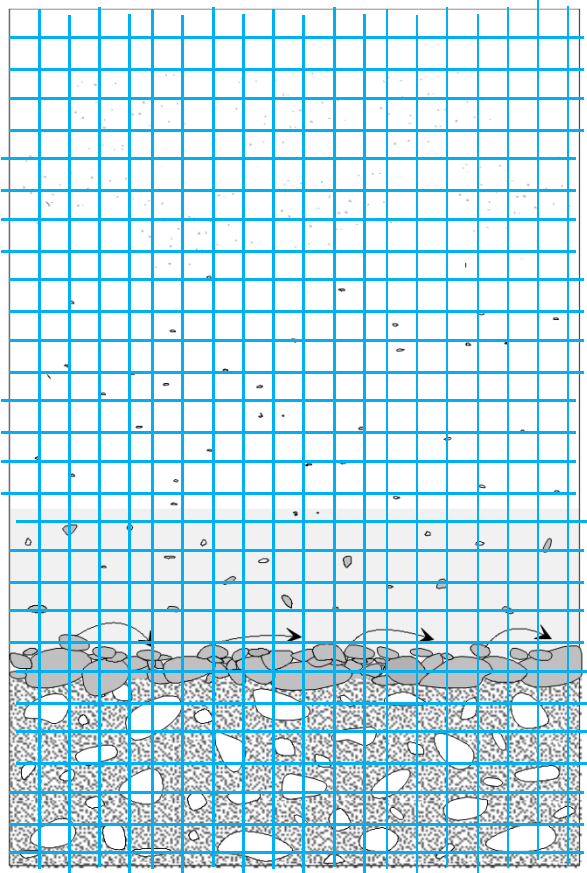
$$v_{\text{rheol}} = \frac{\tau_y}{\dot{\gamma} \rho_b} + \Delta v \frac{1}{1 + \frac{c_{\text{break}}}{c_{\text{floc}}} \dot{\gamma}} \dot{\gamma}$$

$$\tau_y(\varphi) = \tau_{y,0} \varphi^n \quad \Delta\mu = \Delta\mu_{\text{max}} \varphi$$

1. Falls kein Schwebstoff vorhanden ist, bekommt man die turbulente Viskosität
2. Bei größer werdenden Konzentrationen soll die Turbulenz gedämpft werden
3. Falls lediglich eine laminare Bewegung in Flüssigschlick vorhanden ist, ist die turbulente Viskosität Null, wenn/da die TKE Null ist.

Ein kontinuierliches Modell für die Viskosität

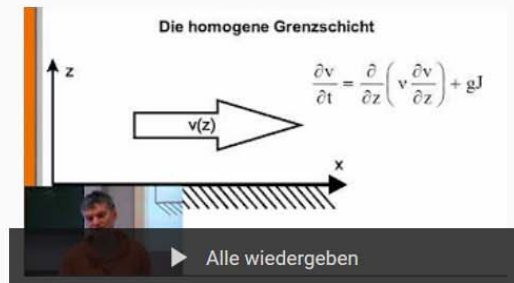
$$v_{\text{eff}} = v_t + v_{\text{rh}} = v_0 + \frac{k^2}{\omega} + \frac{\tau_y}{\dot{\gamma} \rho_b} + \frac{\Delta\mu}{\rho_b} \frac{1}{1 + \frac{c_{\text{break}}}{c_{\text{floc}}} \dot{\gamma}} \dot{\gamma}$$



$$\tau_y(\varphi) = \tau_{y,0} \varphi^n$$

$$\Delta\mu = \Delta\mu_{\text{max}} \varphi$$

Das möchte ich auch!



Vom reinen Wasser zum konsolidierten Boden, ein eindimensionales vertikales Modell

7 Videos • 4 Aufrufe • Vor 4 Tagen aktualisiert

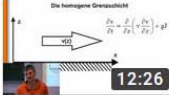


Hydromechanik und Wasserbau



BEARBEITEN

In dieser Vorlesungsreihe des Masterstudiums bauen wir ein vertikales Modell auf, welches turbulente Strömungen in Fließgewässern mit Schwebstoffen und deren Absetzen bis zur Konsolidierung

-  **1DV-Modell 1: FD-Verfahren für die homogene Grenzschichtgleichung**
Hydromechanik und Wasserbau
-  **1DV-Modell 2: Das k-Modell für die Turbulenz**
Hydromechanik und Wasserbau
-  **1DV-Modell 3: Das k-omega-Modell**
Hydromechanik und Wasserbau
-  **1DV-Modell 4: Die Schwebstofftransportgleichung**
Hydromechanik und Wasserbau
-  **1DV-Modell 5: Das Rouse-Profil**
Hydromechanik und Wasserbau
-  **1DV-Modell 6: FD-Lösung der Schwebstofftransportgleichung**
Hydromechanik und Wasserbau



Literaturübersicht Laborversuche

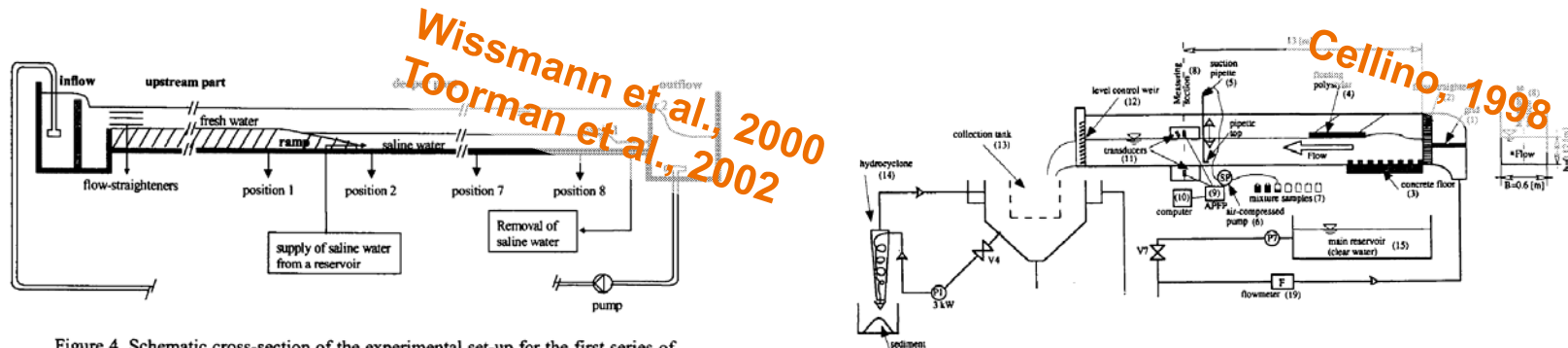
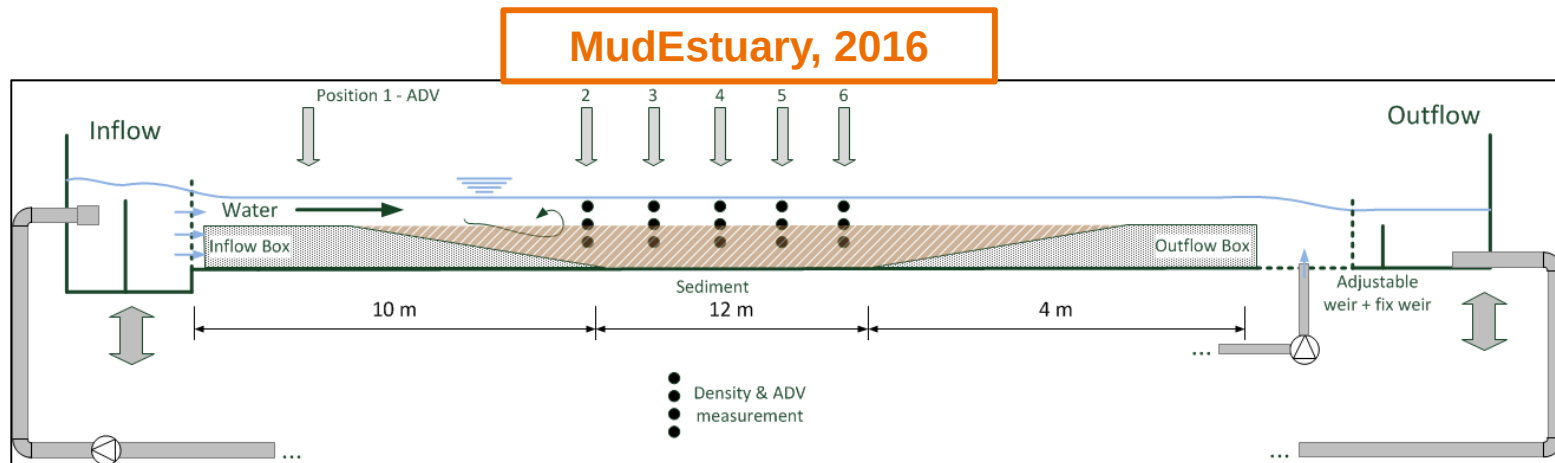


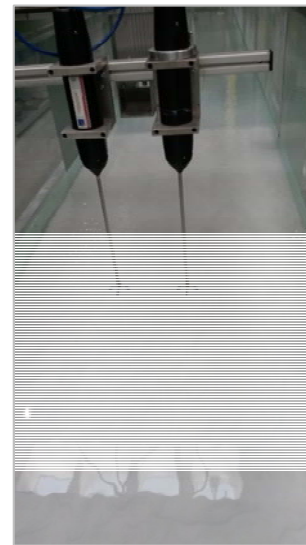
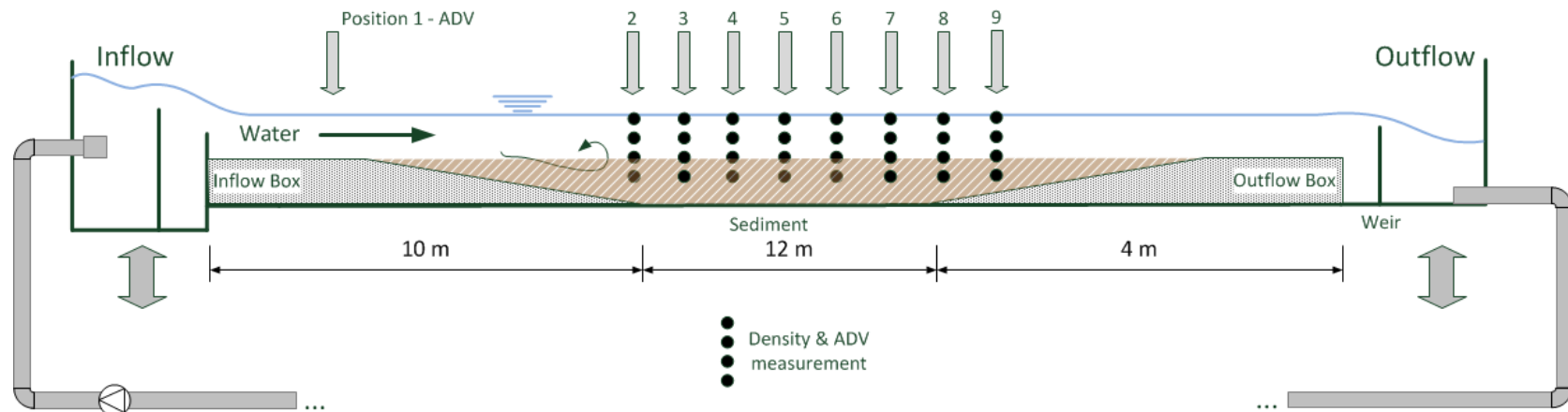
Figure 4. Schematic cross-section of the experimental set-up for the first series of experiments (not to scale).

- No sediment → injected saltwater
- Optical velocity measurements (LDV)
- $c = 2.05 - 6.29 \text{ g/L}$, sand: $d_{50} = 0.135 - 0.230 \text{ mm}$
- $L = 16.8 \text{ m}$, $B = 0.6 \text{ m}$, $h = 0.12 \text{ m}$
- 2D velocity meas. (1 measurement position), 39 and 16 Hz



Konzeption des Versuchs

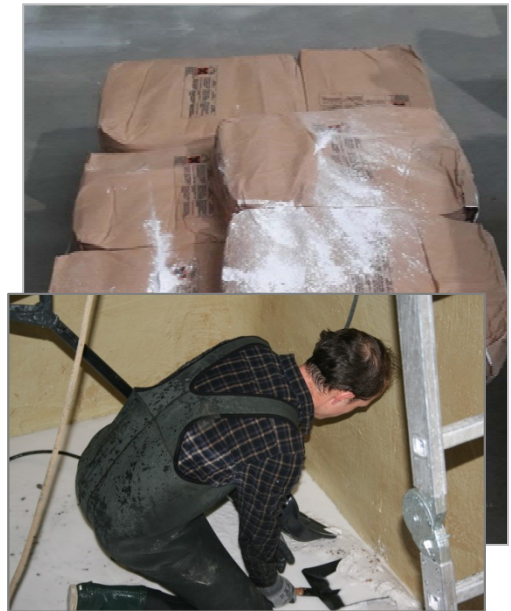
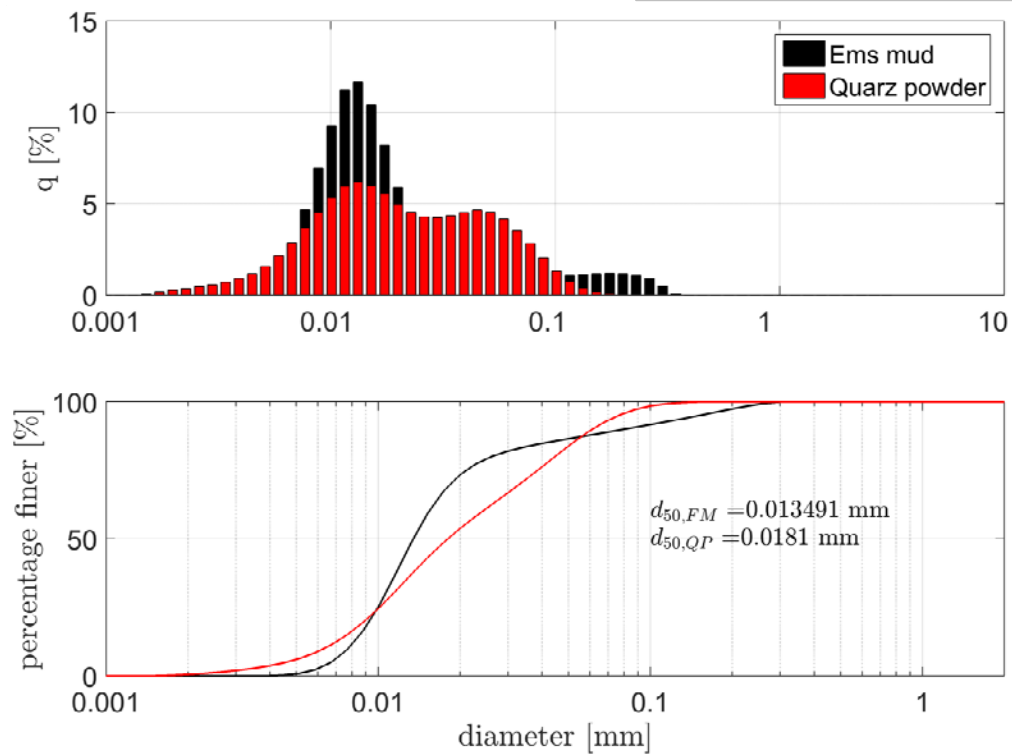
The experimental facility



Wahl des Sediments

Sediment

- Quartz powder as sediment material

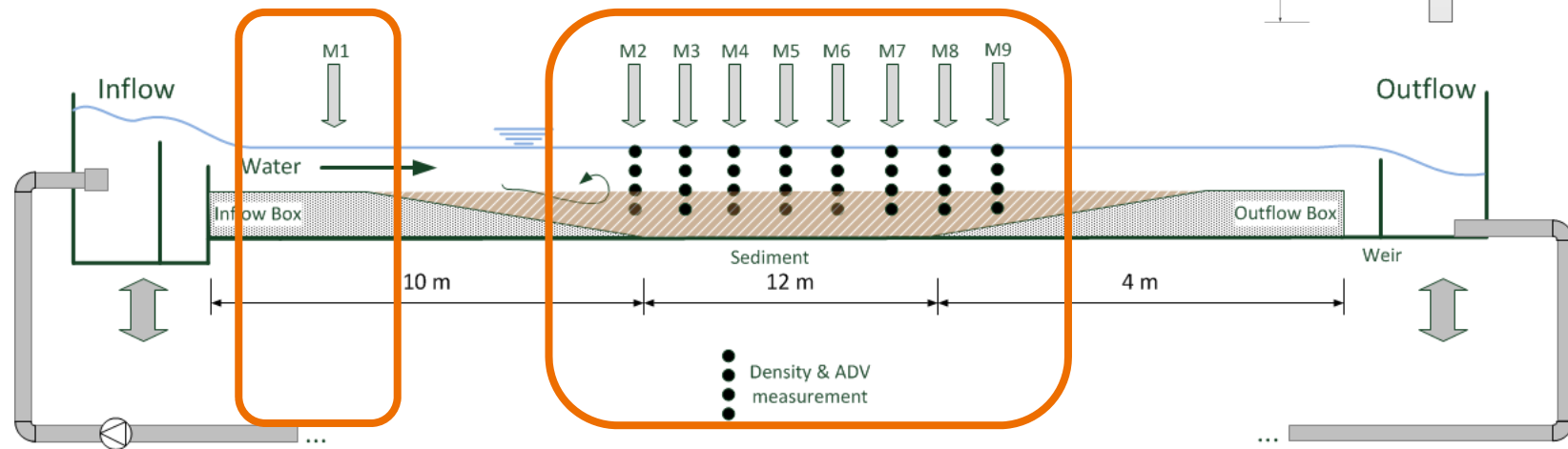
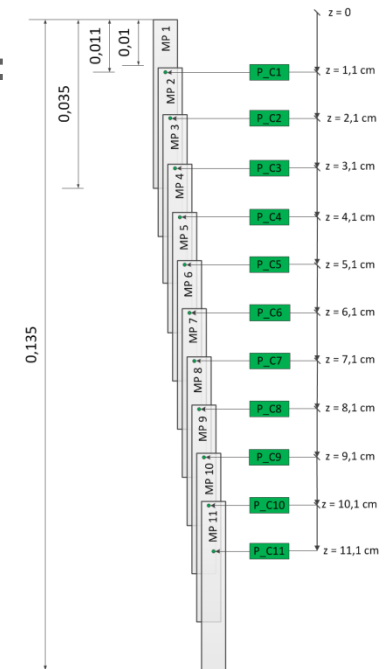


Messtechnik

Measurement procedure

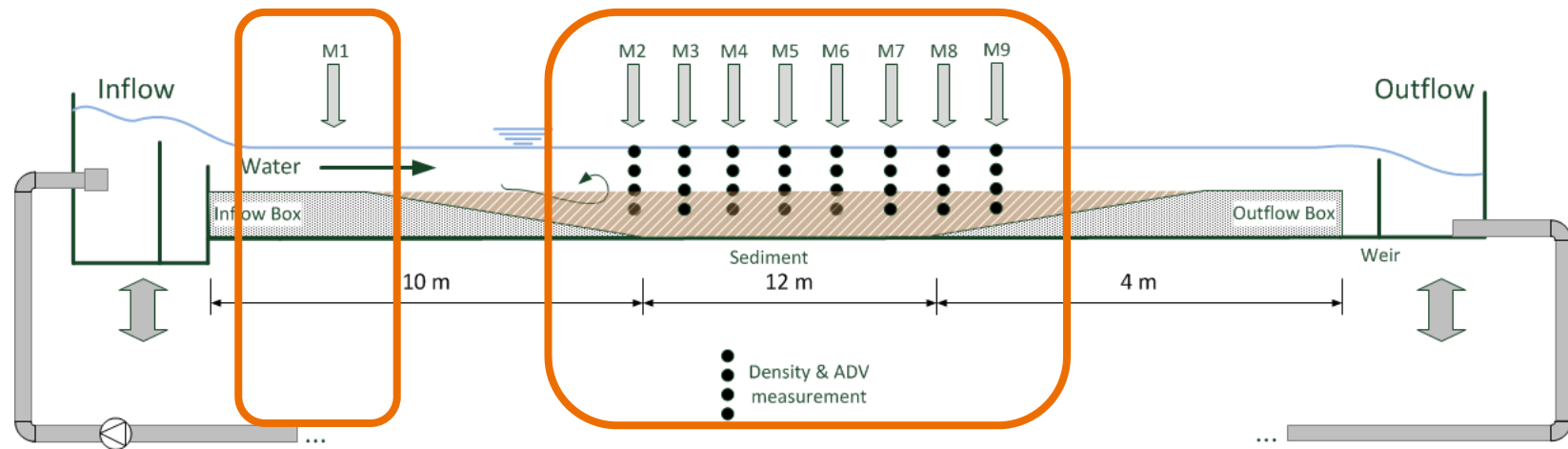
- Vertical profiles at 9 horizontal positions
- **M1: Clear-water conditions**
- **M2 – M9: Suspension flow**
- Different discharges ($Q = 40 - 90 \text{ l/s}$),
const. $h = 0.2\text{m}$, $B = 1\text{m}$
- Bed slope: $J = 0.0001\% - 0.001\%$

Measurement profile:

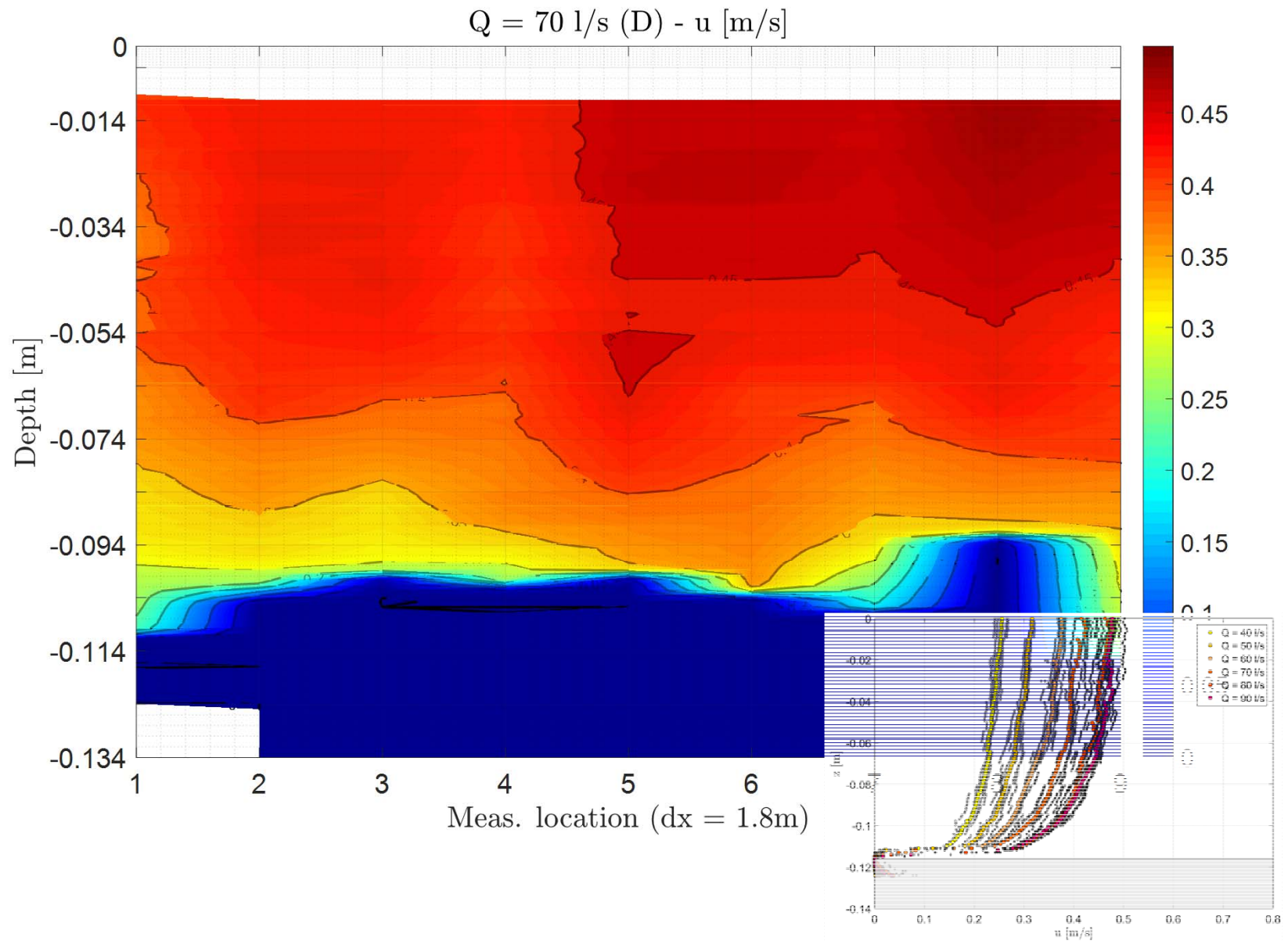


Experimentelle Herausforderungen

1. Konzentrationsmessungen nur indirekt möglich
2. Dichtemessungen schwierig
3. ADV-Profiler strukturell fehlerhaft
4. Turbulente Viskosität nicht direkt messbar
5. Riffelbildung an der Sohle



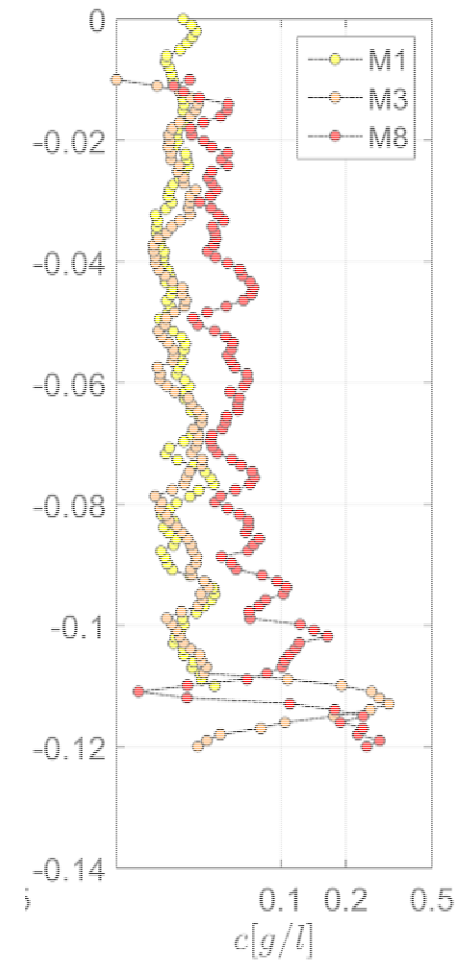
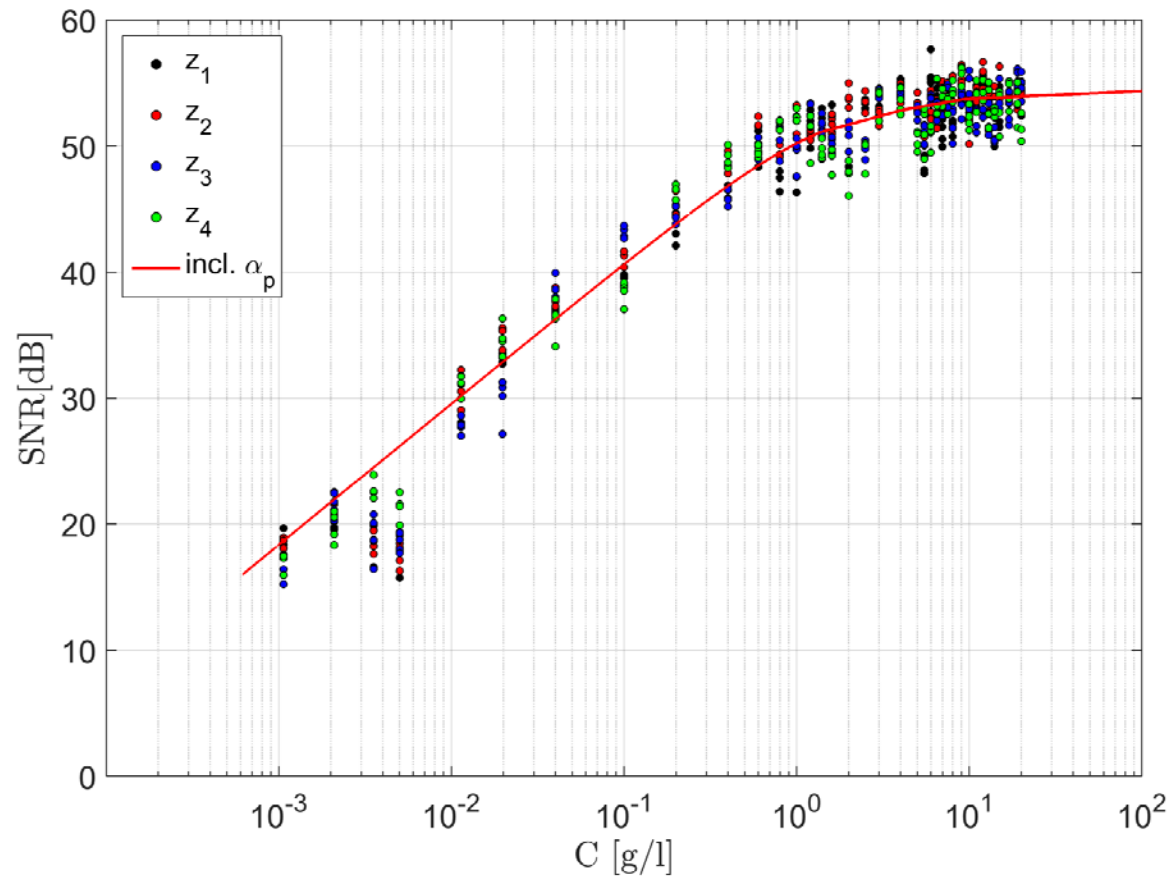
Ergebnisse für die Geschwindigkeit



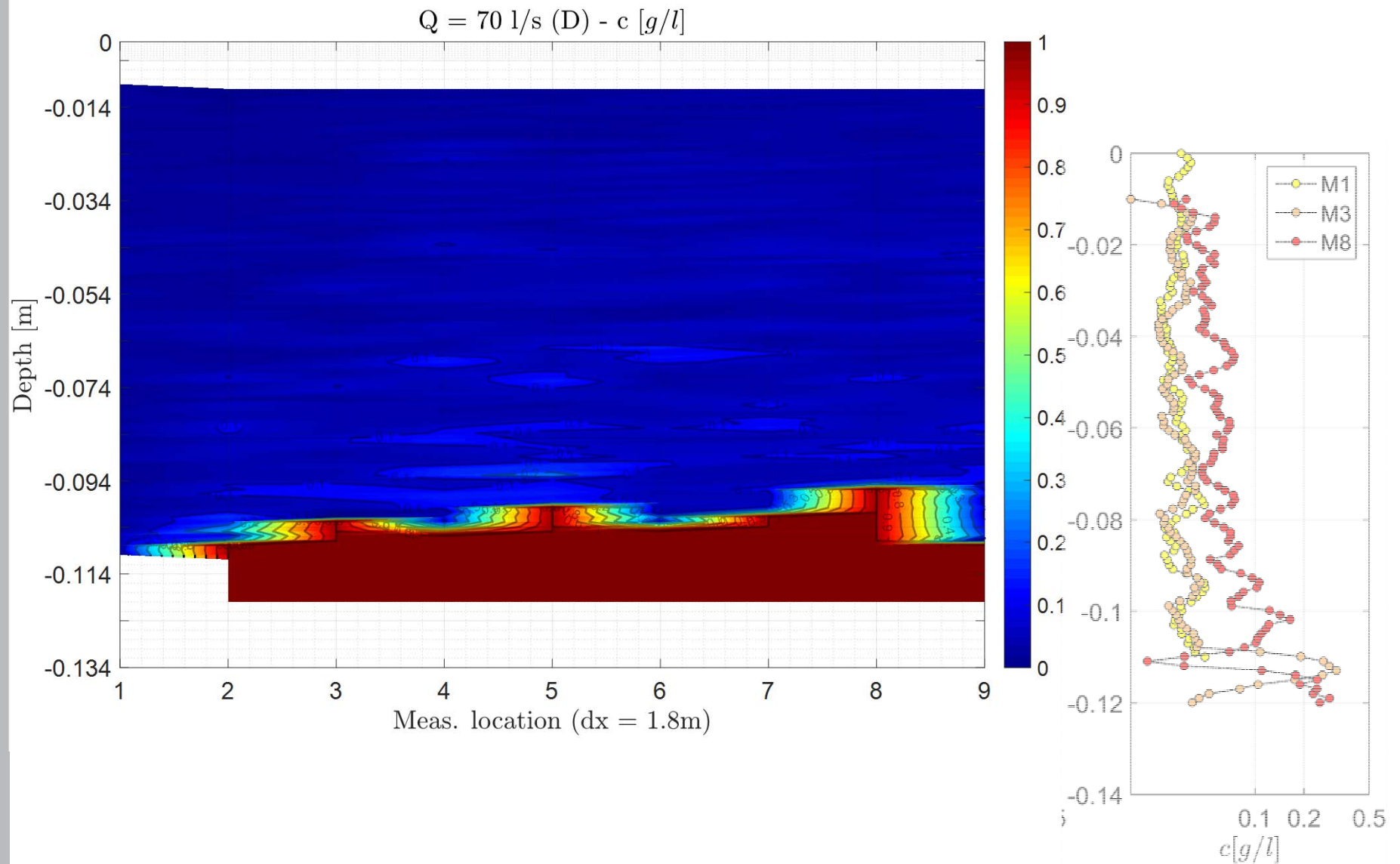
Riffelbildung



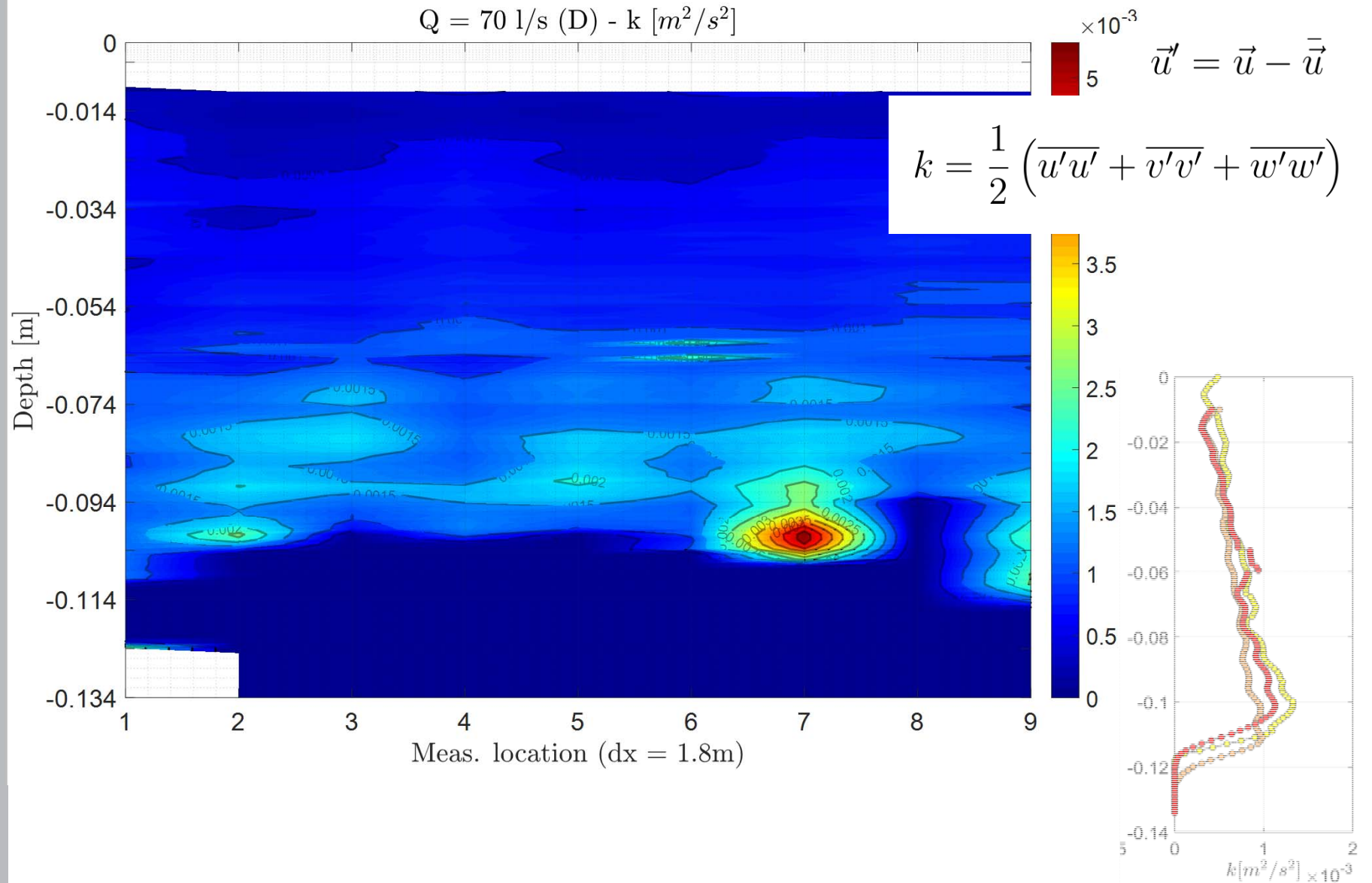
Messung der Konzentration



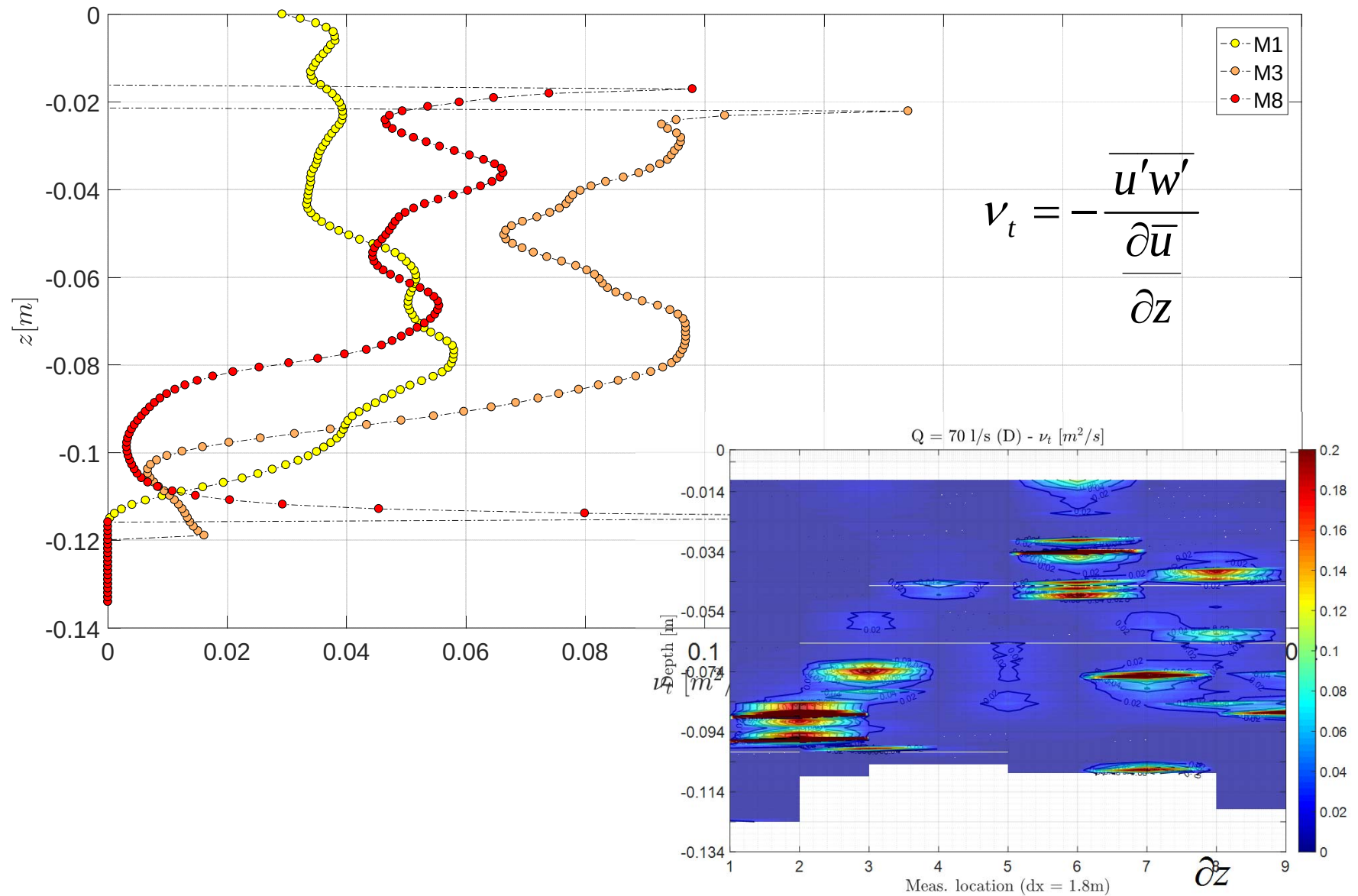
Ergebnisse für die Konzentration



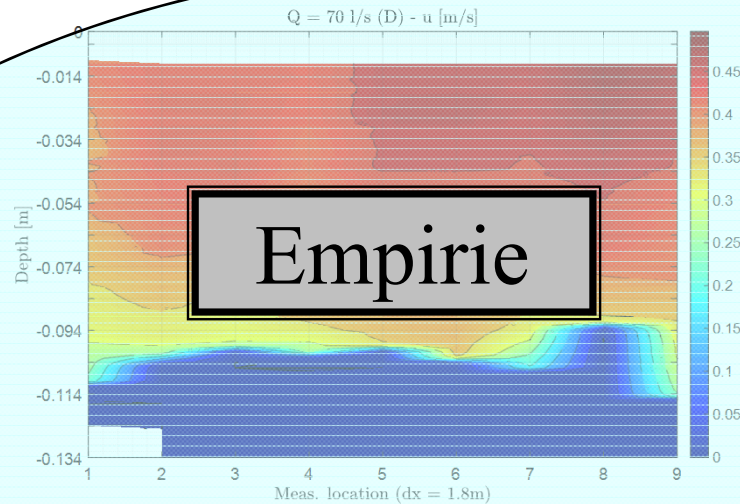
Ergebnisse für die TKE



Ergebnisse für die turbulente Viskosität



Erkenntnistheorie: Was ist eine Erkenntnis?



Theorie

$$v_{\text{eff}} = v_t + v_{\text{rh}} = v_0 + \frac{k^2}{\omega} + \frac{\tau_y}{\dot{\gamma} \rho_b} + \frac{\Delta \mu}{\rho_b} \frac{1}{1 + \frac{c_{\text{break}}}{c_{\text{floc}}} \dot{\gamma}}$$

Simulation

1D-Modell
2DV-Modell
3D-Modell der Rinne
3D-Modell der Ems

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

