



# BASEMENT

## *Neue Aspekte bei hydro- und morphodynamischen Simulationen*

Matthias Bürgler, VAW ETH Zürich

Lukas Vonwiller, TK CONSULT AG



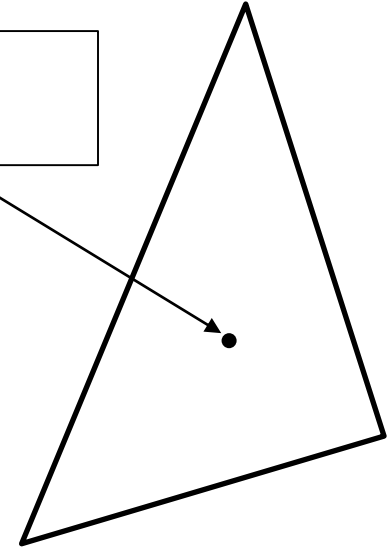
# Hydrodynamische Aspekte

# Hydrodynamik - Modellaufbau



- Unstrukturierte Dreieckselemente
- *HYDRAULIC* Block ähnlich wie in BM\_v2.8
  - Parameter (*PARAMETER*)
  - Sohlreibung (*FRICTION*)
  - Anfangsbedingungen (*INITIAL*)
  - Randbedingungen (*BOUNDARY*)
  - Quellen und Senken (*SOURCE*)

Fliesstiefe  
Spez. Abfluss:



# Hydrodynamik – Parameter und Solver



## Notwendige Parameter

- CFL
- Minimale Wassertiefe
- Fluiddichte
- Max. Zeitschritt

```
"HYDRAULICS": {  
  "PARAMETER": {  
    "CFL": 0.9,  
    "minimum_water_depth": 0.01,  
    "fluid_density": 1000.0,  
    "max_time_step": 100  
  },  
}
```

Nur ein Solver implementiert (HLLC) nach

*Toro (2013)*

# Hydrodynamik - Sohlreibung



- Typen:
  - Manning
  - Strickler
  - Bezzola
  - Chezy
- Ein Defaultwert für ganze Domain
- Optional: Verschiedene Reibungswerte für unterschiedliche Regionen (*REGIONDEF* definiert im *GEOMETRY* Block)

```
"FRICTION": {  
  "type": "strickler",  
  "default_friction": 12.5,  
  "regions": [  
    {"region_name": "bank_left",  
     "friction": 12.5},  
    {"region_name": "bed",  
     "friction": 25.0},  
    {"region_name": "bank_right",  
     "friction": 16.7}  
  ]  
},
```

# Hydrodynamik - Anfangsbedingungen



Typen:

- Trockenstart
- Simulation fortfahren
  - File (.h5)
  - Startzeit
- Initialbedingungen für h oder WSE und u, v definieren für unterschiedliche Regionen definierbar

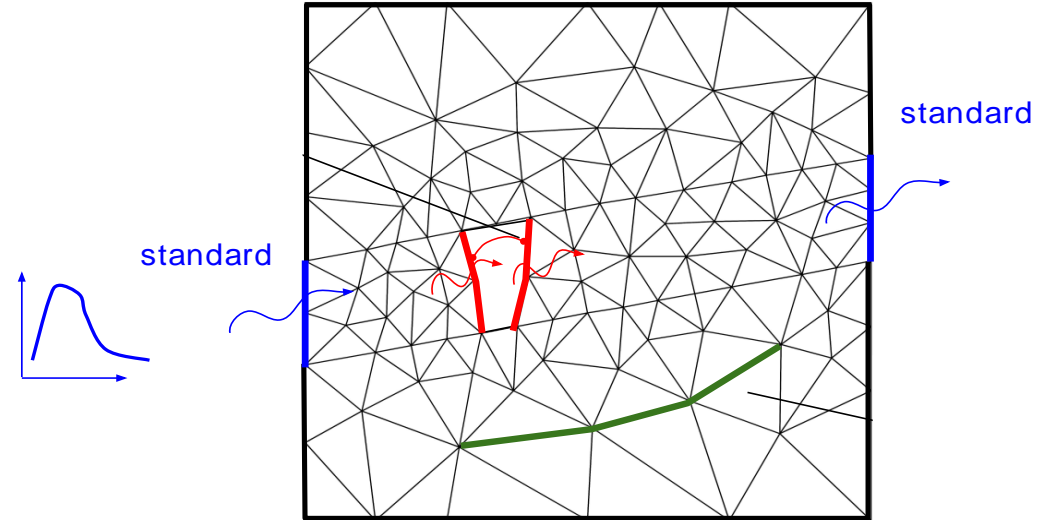
```
"INITIAL":{  
  "type": "continue",  
  "file": "restart_test.h5",  
  "time": 1.5  
}
```

```
"INITIAL":{  
  "type": "region_defined",  
  "regions": [  
    {"region_name": "bank_left",  
     "u": 1.0,  
     "v": 0.0,  
     "wse": 1.5},  
    {"region_name": "bed",  
     "u": 1.5,  
     "v": 0.0,  
     "wse": 1.5},  
    {"region_name": "bank_right",  
     "u": 1.0,  
     "v": 0.0,  
     "wse": 1.5}  
  ]  
}
```

# Hydrodynamik - Randbedingungen



Randbedingungen (RB) berechnen  
gemittelte Grössen über den Nodestring



## Standard Zufluss RB:

- Normalabfluss (Hydrograph und Sohlgefälle)
- Vorgebene Froude-Zahl
- HQ-Beziehung

## Standard Abfluss RB:

- Normalabfluss (Sohlgefälle)
- Wehr (Polenifaktor und Wehrhöhe)
- Dynamische Wand (Kollapszeitpunkt)
- HQ-Beziehung
- Zero Gradient

# Hydrodynamik - Randbedingungen

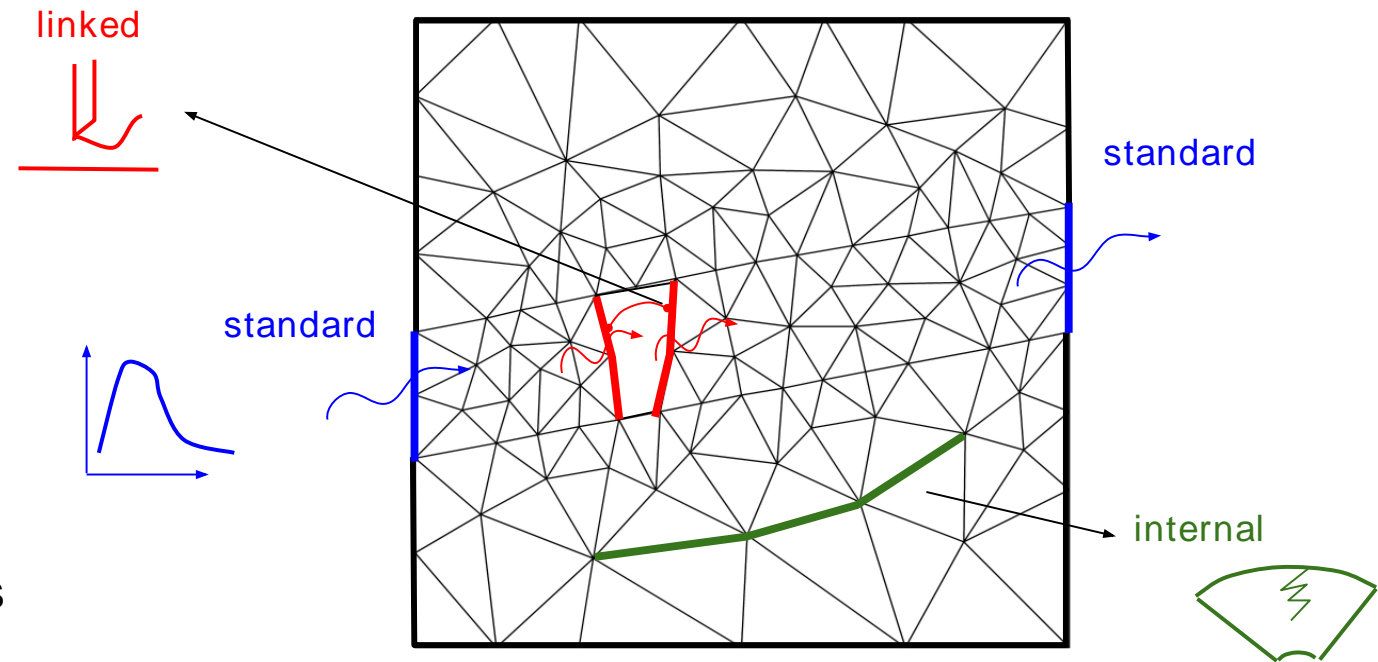


## Interne RB:

- HQ-Beziehung
- Dynamische Wand (Kollapszeitpunkt)
- Wand

## Gekoppelte (*linked*) RB:

- Wehr (Polenifaktor und Wehrhöhe)
  - HQ-Beziehung
- Benötigt ein Loch im Mesh und 2 Stringdefs

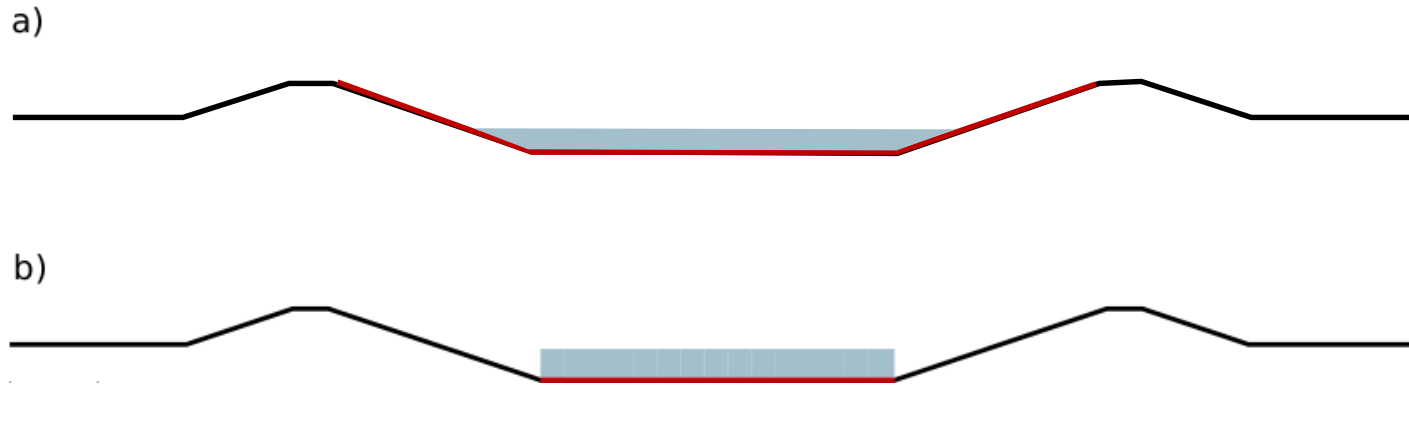




# Hydrodynamik - Randbedingungen

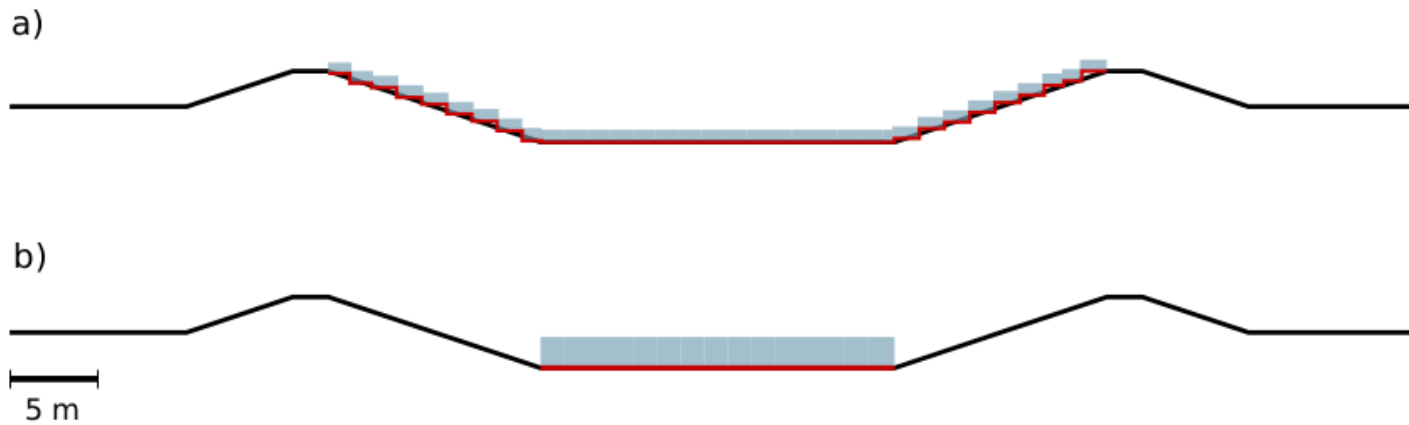


BM\_v2.8



— Inflow boundary  
 ■ Water flux (m<sup>2</sup>/s)

BM\_v3.0



5 m



# Hydrodynamik – Quellen/Senken



## Quellen:

- Über Regionen definiert (*REGIONDEF*)
- Typen:
  - Total (m<sup>3</sup>/s)
  - Flächenspezifisch (mm/h)

## Senkenverhalten:

- Exakte Menge
- Verfügbare Menge
- Alles verfügbare «Black Hole»

```
"SOURCE":[
  {
    "name": "constant_rain1",
    "type": "distributed",
    "data": 36.0,
    "region_name": "midhigh_lands",
    "sink": "exact" },
  {
    "name": "varying_rain",
    "type": "distributed",
    "data_file": "rain.txt",
    "region_name": "low_lands",
    "sink": "exact" }
]
```

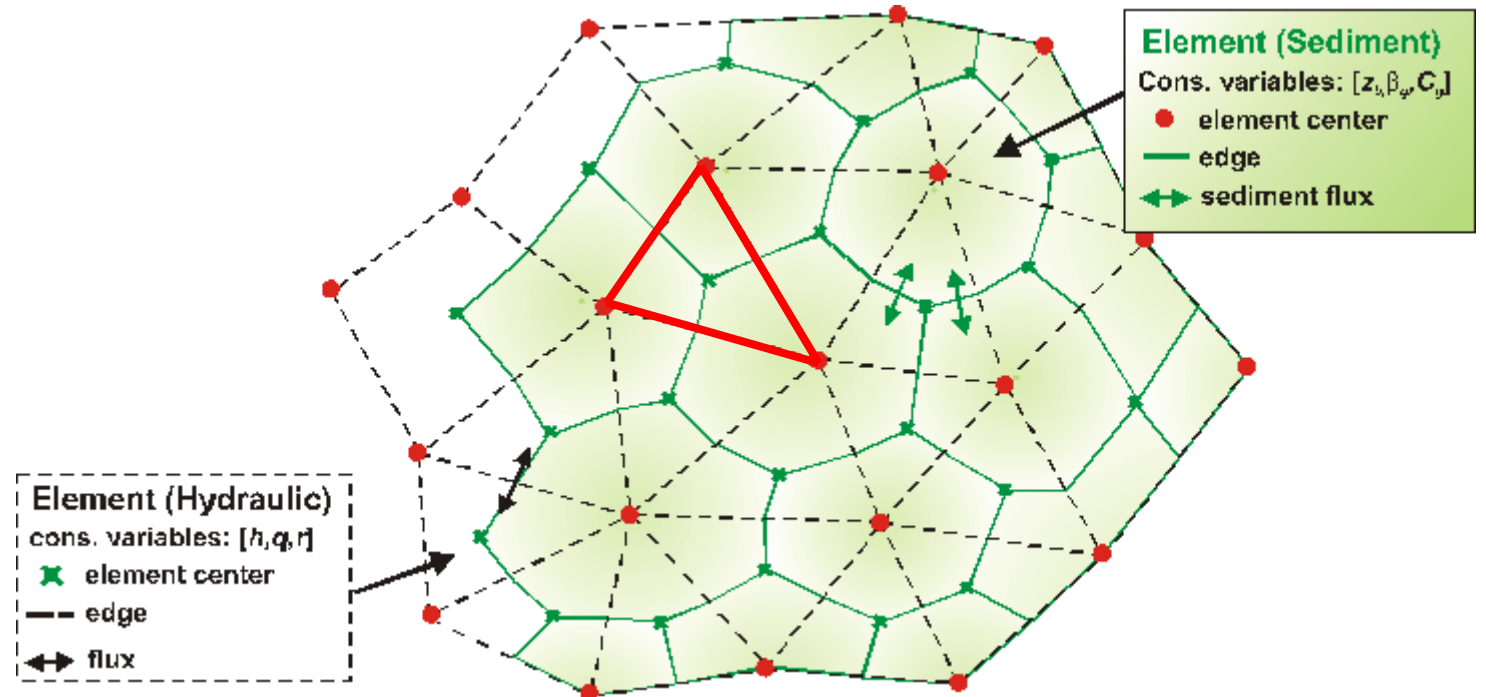


# Morphodynamische Aspekte

# Morphologie - Mesh



- Gleiches Mesh für Morphologie wie für Hydraulik (unstrukturierte Dreieckselemente)
- Kein Dual-Mesh mehr
- Topographie 1. Ordnung
- Mittlere Höhe in Zellenmitte



# Geschiebetransport



- Transportformeln Einkornmaterial
  - Original MPM (Vorfaktor = 8, Exponent = 1.5)
  - MPM adaptierbar (Koeffizient und Exponent frei wählbar)
  - Grass Formel adaptierbar
  - Engelund & Hansen
- HLLC Riemann-Solver für Geschiebetransport-Fluxes (Soares-Frazão and Zech, 2011)

```
"MORPHOLOGY": {  
  "BEDLOAD": {  
    "FORMULA": {  
      "type": "MPM_like",  
      "coefficient": 4.93,  
      "exponent": 1.6,  
      "critical_value": 0.047  
    }  
  }  
}
```

# Transportbeginn (INCIPIENT\_MOTION)



- Ansätze zur Berücksichtigung des lokalen Sohlgefälles auf Shieldsparameter:
  - van Rijn (1989)
  - Chen et al. (2010)

```
"MORPHOLOGY": {  
  "INCIPIENT_MOTION": {  
    "type_bed": "van_rijn",  
    "repose_angle": 30.0  
  }  
}
```

# Laterales Sohlgefälle (IKEDA)

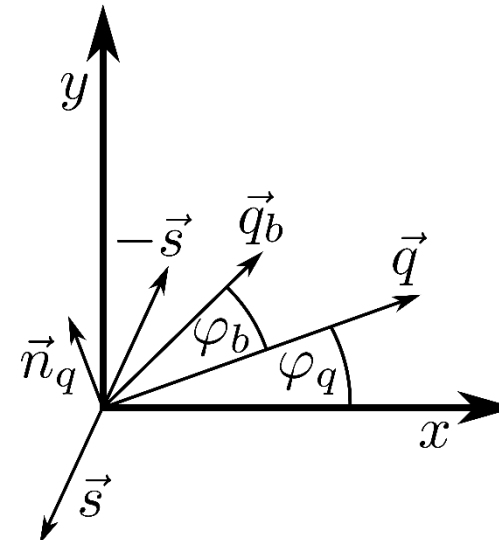


- Einfluss des lateralen Sohlgefälles ( $\vec{s} \vec{n}_q$ ) auf die Änderung der Geschiebetransportrichtung  $\varphi_b$
- Formulierung nach Talmon *et al.* (1995) mit Ikeda Koeffizient  $r$

```
"MORPHOLOGY": {
  "DIRECTION": {
    "IKEDA": {
      "factor": 0.6
    }
  }
}
```

$$\tan \varphi_b = -\frac{r}{\sqrt{\theta}} \vec{s} \vec{n}_q$$

- $r = N_l \sqrt{\theta_C}$  ( $N_l$  = Ikeda Koeffizient in BM\_v2.8)





# Kurvenströmung (CURVATURE)

- Effekt der Kurvenströmung auf Geschiebetransportrichtung  $\varphi_c$

$$\tan\varphi_c = -N_* \frac{h}{R}$$

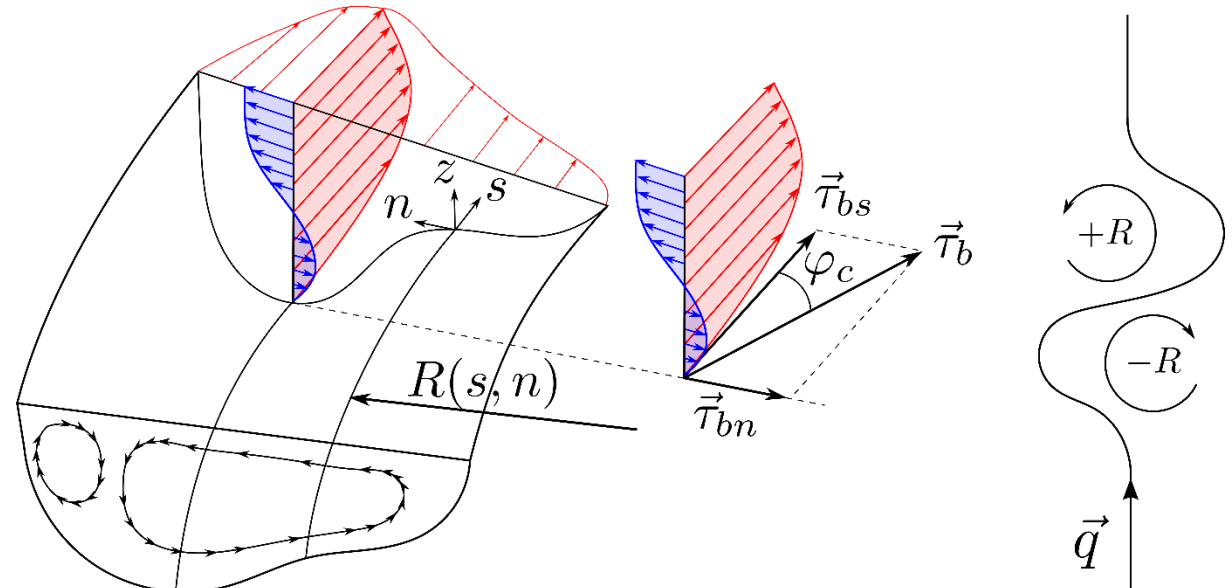
$N_*$  = curvature factor [-]

$h$  = Wassertiefe [m]

$R$  = Kurvenradius [m]

- Berechnung Radius  $R$  nach Ansatz von Iwasaki *et al.* (2016)

```
"MORPHOLOGY": {
  "DIRECTION": {
    "CURVATURE": {
      "factor": 7.0,
      "update_time": 10.0
    }
  }
}
```





# Randbedingungen



- Randbedingungen (RB) berechnen  
gemittelte Werte über den Nodestring
- Zufluss RB
  - Gleichgewicht
  - Transportkapazität (Gewichtung *area* und *conveyance*)
  - Sedimentograph (Gewichtung *area* und *conveyance*)
- Abfluss RB
  - Gleichgewicht (mit Referenzhöhe)

```
"MORPHOLOGY": {  
  "BEDLOAD": {  
    "BOUNDARY": {  
      "STANDARD": [  
        {  
          "name": "inflow_boundary_morph_1",  
          "string_name": "inflow_bedload_1",  
          "type": "transport_capacity",  
          "boundary_factor": 1.0  
        },  
        {  
          "name": "inflow_boundary_morph_2",  
          "string_name": "inflow_bedload_2",  
          "type": "sedimentograph_conveyance",  
          "sediment_discharge_file": "sed_in.dat"  
        },  
        {  
          "name": "outflow_boundary_morph",  
          "string_name": "outflow",  
          "type": "equilibrium_out",  
          "reference_bed_elevation": 300.0  
        }  
      ]  
    }  
  }  
}
```

# Morphological Factor vs. Morphological Cycle



- Morphological Factor (BM\_v3.0)
  - Morphologische Flüsse FM werden mit Faktor  $m$  skaliert ( $m \cdot FM$ )
  - Zeit skaliert ebenfalls mit  $m$
  
- Morphological Cycle (BM\_v2.8)
  - Hydraulik wird nur jeden  $n$ -ten Zeitschritt berechnet für  $morph\_cycle = n$
  - Keine zeitliche Skalierung

```
"MORPHOLOGY": {  
  "BEDLOAD": {  
    "FORMULA": {  
      "type": "MPM",  
      "factor": 10.0  
    }  
  }  
}
```



# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Matthias Bürgler

[buergler@vaw.baug.ethz.ch](mailto:buergler@vaw.baug.ethz.ch)

Lukas Vonwiller

[lukas.vonwiller@tkconsult.ch](mailto:lukas.vonwiller@tkconsult.ch)

[www.basement.ethz.ch](http://www.basement.ethz.ch)





# Literatur

Chen, X., Ma, J. and Dey, S. (2010). Sediment transport on arbitrary slopes: Simplified model. *Journal of Hydraulic Engineering-ASCE*, 136(5): 311-317

Iwasaki, T., Shimizu, Y., and Kimura, I. (2016). Sensitivity of free bar morphology in rivers to secondary flow modeling: Linear stability analysis and numerical simulation. *Advances in Water Resources*, 92: 57-72

Soares-Frazão, S., Zech, Y. (2011). HLLC scheme with novel wave-speed estimators appropriate for two-dimensional shallow-water flow on erodible bed. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 66: 1019-1036

Talmon, A., Struiksma, N. & Van Mierlo, M. (1995). Laboratory measurements of the direction of sediment transport on transverse alluvial-bed slopes. *Journal of Hydraulic Research*, 33(4): 495-517.

Toro, E. F. (2013). Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics: a practical introduction. Springer Science & Business Media.

van Rijn, L.C. (1989). Handbook Sediment Transport by Current and Waves. *Delft Hydraulics Laboratory*, Delft, The Netherlands

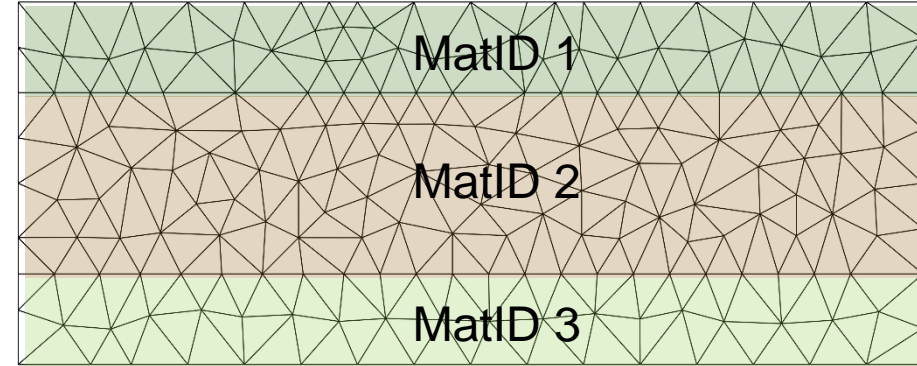


# Anhang



# Geometrie – REGIONDEF ersetzt index\_table

Zuweisen von unterschiedlichen Reibungskoeffizienten, Initialbedingungen, Quellen/Senken:



## BM\_v2.8: via index\_table

**FRICTION** [-] [?]

New Tags/Blocks

Add Tag - (8) available - [?]

input\_type

index\_table [^] [v] [-] [?]

index

1 2 3 [^] [v] [-] [?]

friction

25 38 25 [^] [v] [-] [?]

## BM\_v3.0: via REGIONDEF

```
"REGIONDEF": [
  {
    "name": "river_bed",
    "index": [2] },
  {
    "name": "embankments",
    "index": [1,3] },
]
```

```
"FRICTION": {
  "type": "strickler",
  "default_friction": 38,
  "regions": [
    {"region_name": "river_bed",
     "friction": 38},
    {"region_name": "embankments",
     "friction": 25}
  ]
},
```