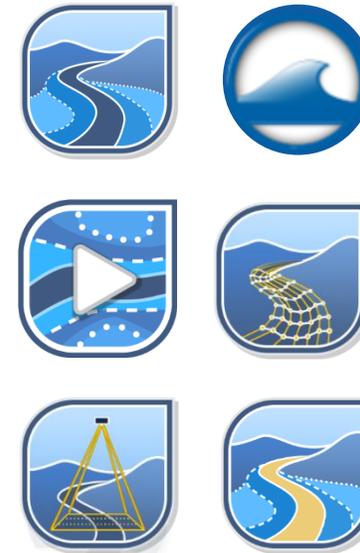




HydroAS – aus der Hotline, FAQs



24. September 2024
Rainer Räder und Eva Loch



Agenda

- ▶ Abbildung von Bauwerken
- ▶ Numerik: Elementgrößen und Zeitschrittweiten
- ▶ Rechenzeiten und Netzqualität
- ▶ Zusammenfassung, Fragen, Diskussion

Fragen:

- ▶ In welchen Fällen sollte KUK genutzt werden, wann 1D-Durchlass?
- ▶ Wie wählt man die betriebliche Rauheit k_b für die 1D-Durchlässe?
- ▶ Kann man einen 1D-Bauwerk noch durch mehrere parallele Nodestings abbilden?
- ▶ Muss man immer die 1D/2D-Übergänge nutzen?
- ▶ Was bedeutet die Einstellung „Geschwindigkeit im Oberwasser berücksichtigen“ in den 1D-Durchlässen?

Wann sollte ein Bauwerk mit 1D-Elementen und wann 2D abgebildet werden?



1D-Bauwerk

- ▶ Bauwerke, die i.d.R. hydraulisch eine untergeordnete Rolle spielen
- ▶ Geometrische Abbildung des Bauwerks erfordert wesentlich kleinere Elemente als im übrigen Netz vorhanden sind.
- ▶ Hauptströmungsrichtung eindeutig und passt zur Ausrichtung des Bauwerks
- ▶ Querströmungen und andere 2D-Effekte für Abfluss im Bauwerk und/oder die Untersuchung nicht relevant
- ▶ Geschwindigkeit kann im Bauwerk durch gemittelte 1D-Geschwindigkeit hinreichend genau abgebildet werden
- ▶ 1D-Ansatz bildet die Strömungssituation besser ab, als der 2D-Ansatz (Wehre)

2D

- ▶ Hauptströmungsrichtung variiert innerhalb des Bauwerks
- ▶ Strömung im Bauwerksbereich weist 2D-Effekte auf
 - ▶ Querströmungen
 - ▶ Sekundärströmungen
- ▶ Geschwindigkeit variiert innerhalb des Bauwerks
- ▶ Bei relevantem Fließwechsel im Bauwerk
- ▶ Erfordernis von räumlich differenzierten Randbedingungen
- ▶ *Hinweis: Ausgeschnittene/disabled Seitenwände und Widerlager sind „unendlich“ glatt. Wandrauheit kann durch Randbedingung „senkrechte Wand“ abgebildet werden.*



- ▶ k_b = Betriebliche Rauheit
- ▶ d.h. sämtliche Verluste über den Widerstandsbeiwert abbilden
- ▶ Hinweis: Keine Unterscheidung von Sohle und Seitenwänden möglich → ein Wert für das gesamte Bauwerk
- ▶ Grobe Umrechnung: k_{st} (in $m^{(1/3)}/s$) → k_b (in mm):

$$k_b = \left(\frac{26}{k_{st}} \right)^6 \cdot 1000$$

- ▶ Plausible Werte für k_b zwischen 1,5 mm und 75 mm
- ▶ Warnungen bei kleineren und größeren Werten
- ▶ Kleinere Werte (> 0) und größere Werte sind aber erlaubt
- ▶ **Achtung:** Bei Konvertierung von alten Modellen können k_b -Werte außerhalb dieses Bereichs auftreten
 - ▶ Werte trotzdem beibehalten für Vergleichbarkeit mit alten Simulationen oder
 - ▶ Werte auf plausible Einstellung anpassen

Wie wählt man die betriebliche Rauheit k_b für die 1D-Durchlässe?

Beispiele

- Grobe Einschätzung, Vorschlag
- Abweichende Wahl möglich

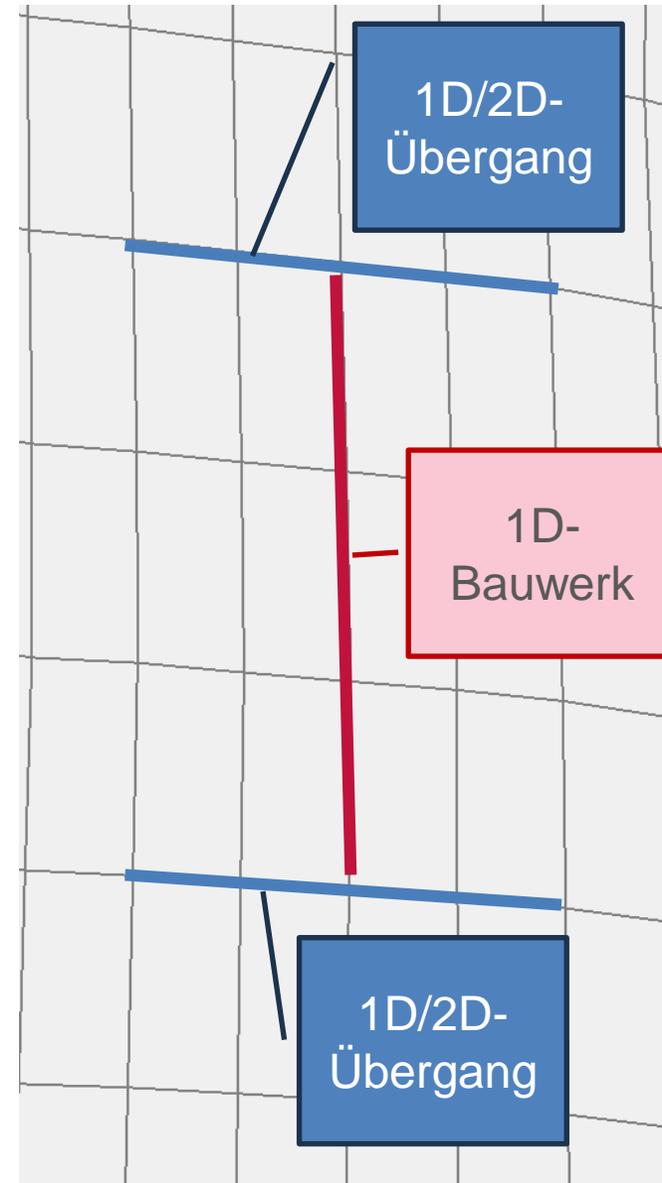
| Beispiel (Bild) | Beschreibung | Rauheit k_b in mm | Einlaufverlust |
|-----------------|--|---------------------|----------------|
| Oben | Gemauert; Sohle grober Kies mit großen Steinen; Geringe Einschnürung | 60 | 0,4 |
| Unten | Betonrohr; Kein Sohlsubstrat; Moderate Einschnürung | 5 | 0,5 |



Kann man ein 1D-Bauwerk noch durch mehrere parallele Nodestings abbilden?



- Ja, aber ...
- Aufteilung des Querschnitts in kleinere Querschnitte -> zusätzliche Wände, die es in Realität nicht gibt
 - Zusätzliche Reibungsverluste
 - Parameter sollten entsprechend angepasst werden: nicht einfach, da **Reibung nicht linear** wirkt
- Besser: **große Bauwerke mit 1D/2D-Übergängen** abbilden
- Kleine Bauwerke: nur ein Nodestring ohne 1D/2D-Übergänge
- Kleines Bauwerk = Breite bzw. Durchmesser nicht größer als Kantenlänge im Einlauf- und Auslaufbereich



Was bedeutet die Einstellung „Geschwindigkeit im Oberwasser berücksichtigen“ in den 1D-Durchlässen?



- ▶ Geschwindigkeit im OW berücksichtigen
- ▶ Standardeinstellung
- ▶ Energiehöhe am BW-Einlauf:

$$H = WSP_{OW} + \frac{v_{OW}^2}{2g} - \varphi \frac{v_D^2}{2g}$$

- ▶ Einlaufverlust aus Fließgeschwindigkeit im Durchlass bestimmen
- ▶ i.d.R. diese Einstellung nutzen und Skalierung des Einlaufverlusts (φ) angeben

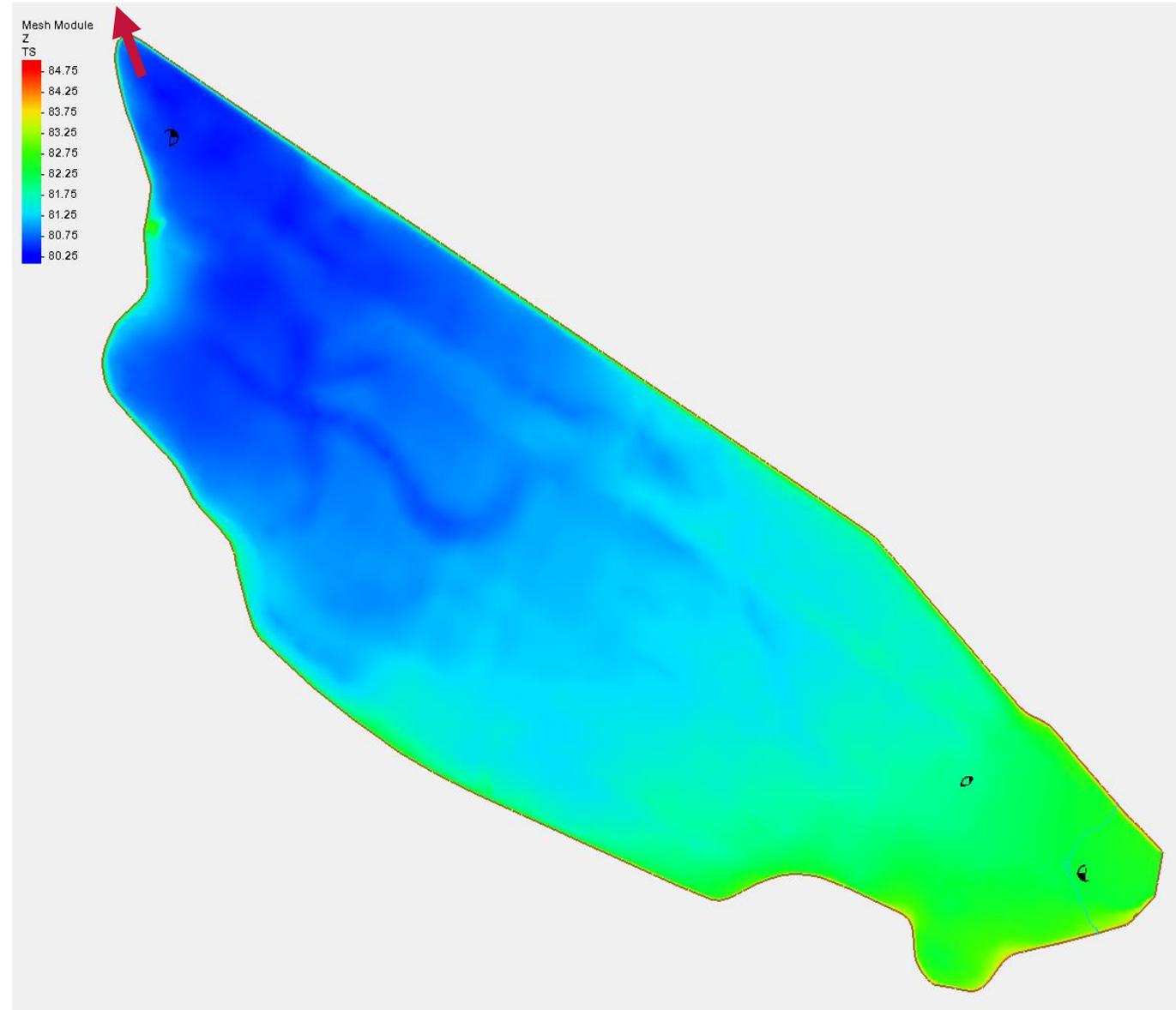
- ▶ Geschwindigkeit im OW **NICHT** berücksichtigen
- ▶ Bei Bedarf einstellen
- ▶ Energiehöhe am BW-Einlauf:

$$H = WSP_{OW}$$

- ▶ Diese Einstellung wählen, wenn Fließgeschwindigkeit im OW
 - ▶ Instabil
 - ▶ Inhomogen im Einlaufquerschnitt
 - ▶ Sehr hoch



- ▶ Becken gefüllt, kein weiterer Zufluss
- ▶ Startvolumen: ca. 2.000.000 m³
- ▶ Auslauf im Norden
 - ▶ konstant 1 m³/s
- ▶ Simulationszeit: 10 h
- ▶ Abgeflossenes Volumen: ca. 36.000 m³
- ▶ Volumen nach 10 h:
 - ▶ Handrechnung: 2.000.000 m³ - 36.000 m³
= **1.964.000 m³**
 - ▶ Simulation: volumenbilanz.dat:
≈ **1.998.000 m³**
- ▶ Was ist hier schief gelaufen?



Numerik: Elementgrößen und Zeitschrittweiten

- ▶ kurze Kanten → Zeitschritt Δt klein
- ▶ Änderung der Wassertiefe: $\text{update} = \Delta t / A_{KV} \cdot (Q_{in} - Q_{out})$
- ▶ Ungünstiger Fall: Δt klein und A_{KV} groß → $\Delta t / A_{KV}$ sehr klein
- ▶ Darstellung der Zahlen im Rechner mit endlicher Anzahl an signifikanten Stellen
 - ▶ float = 8 Stellen
- ▶ Auslöschung: update so klein, dass Addieren zu h_{alt} nicht mehr registriert werden kann

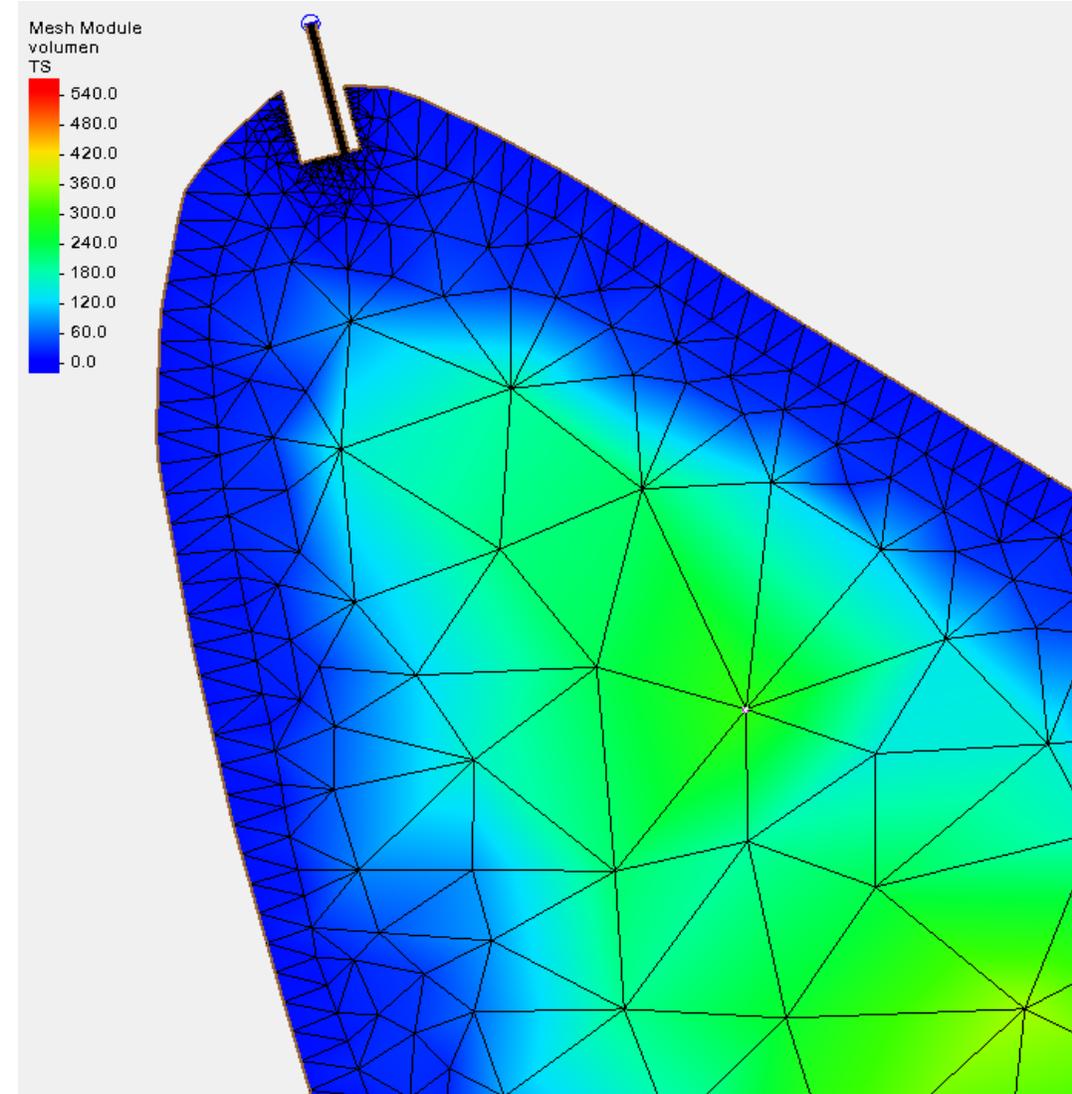
▶ Beispiel:

- ▶ $h_{alt} = 2\text{m}$
- ▶ $\Delta t = 0,0125\text{ s}$
- ▶ $A_{KV} = 250\text{ m}^2$
- ▶ $(Q_{in} - Q_{out}) = 0,001\text{ m}^3/\text{s}$
- ▶ $\Delta t / A_{KV} \cdot (Q_{in} - Q_{out}) = 0,00000005\text{ m}$

| | |
|--------------|------------------|
| h_alt | 2.0000000 |
| Update | 0.00000005 |
| h_neu | 2.0000000 5 |

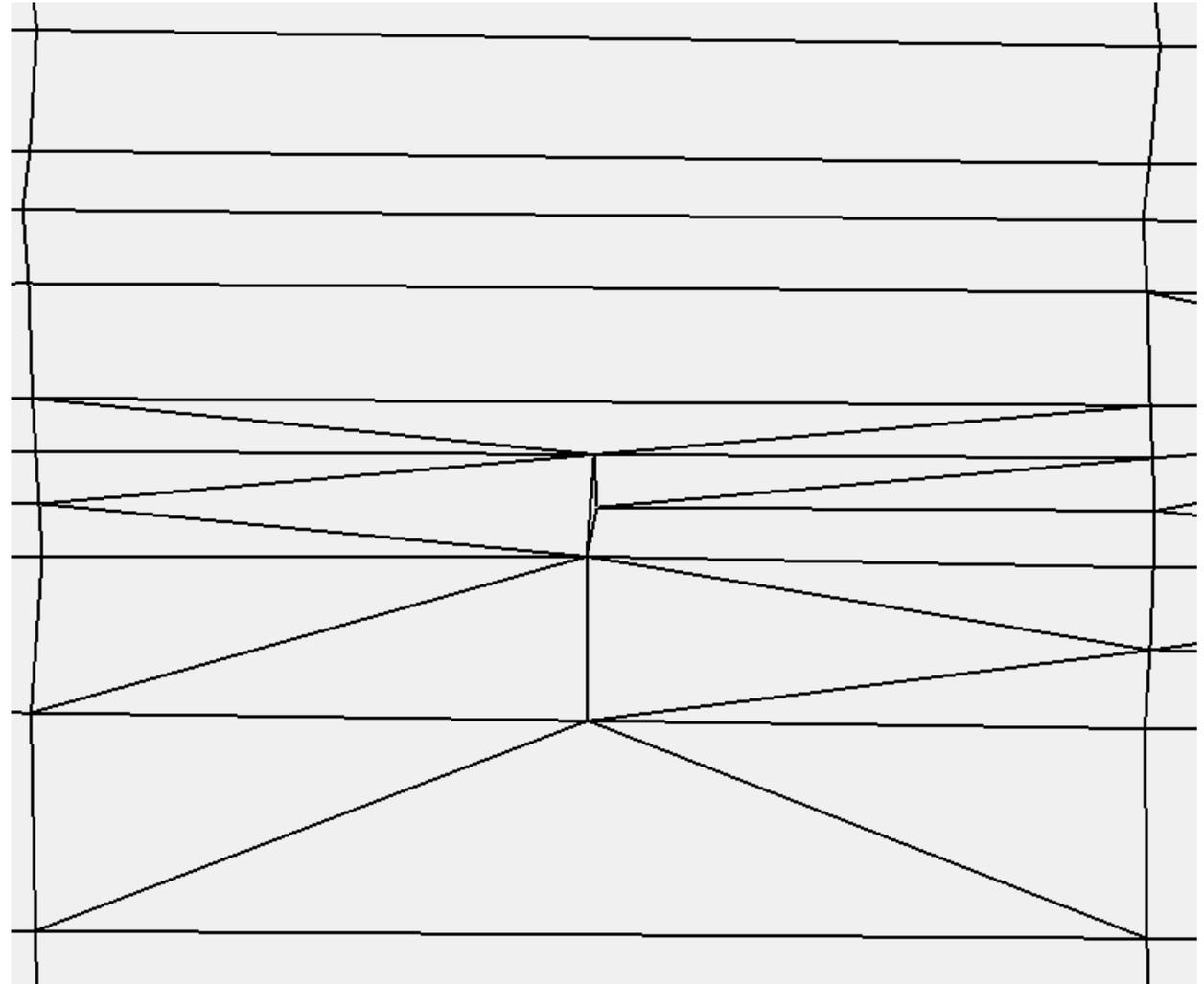
Modell

- ▶ Kleine Element mit KUK am Auslauf:
kurze Kanten & hohe Fließgeschwindigkeiten = Δt klein
 - ▶ $A_{KV} \approx 0,03 \text{ m}^2$
 - ▶ $v \approx 1,5 \text{ m/s}$
- ▶ Große Elemente im Inneren des Beckens:
Division durch große Fläche = kleines Update
 - ▶ $A_{KV} \approx 300 \text{ m}^2$
- ▶ Auslöschung:
Änderung der Wassertiefe wird nicht richtig registriert
- ▶ Was kann man dagegen tun?
- ▶ Auslauf mit 1D-Durchlass abbilden und kleine Elemente entfernen



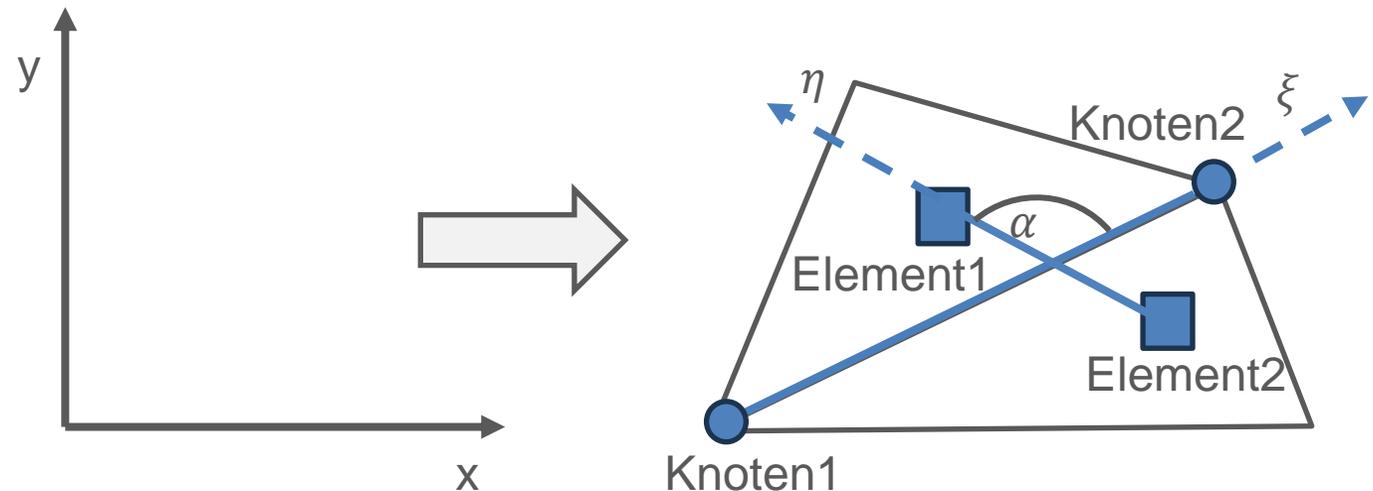


- ▶ Einfluss auf Rechenzeit
 - ▶ Knotenabstand
 - ▶ Elementgröße
 - ▶ Fließgeschwindigkeit
 - ▶ Wassertiefe
 - ▶ Anzahl Kanten eines Knotens
 - ▶ Qualität der Ergebnisse
- ▶ Einfluss auf Qualität der Ergebnisse
 - ▶ Innenwinkel von Dreiecken
 - ▶ Seitenverhältnis von Vierecken
 - ▶ Größenunterschiede von benachbarten Elementen
 - ▶ Einstellung von H_{min} und A_{min}
 - ▶ Einstellungen/Parametrisierung von Randbedingungen
- ▶ Netzqualität in SMS prüfen
- ▶ Prüfeinstellungen ggf. anpassen
- ▶ **Präprozessor-Warnungen beachten**





- ▶ Für Berechnung des Updates
 - ▶ Division durch Kontrollvolumen A_{KV}
 - ▶ Ungünstig: Sehr große und sehr kleine Elemente
- ▶ Koordinatentransformation zwischen
 - ▶ Kartesischem Koordinatensystem (x, y)
 - ▶ Lokalem Koordinatensystem aus Knoten und Elementschwerpunkten (ξ, η)
- ▶ In der Berechnung nötig:
- ▶ Division durch Skalarprodukt von ξ und Senkrechte auf η
 - ▶ fast null für Winkel α nah bei 180 Grad
 - ▶ Division durch sehr kleine Zahl ist schlecht



- ▶ Fazit
 - ▶ Anfragen/Hinweise werden möglichst schnell umgesetzt
 - ▶ Kundenhinweise führen zur Verbesserung von HydroAS
 - ▶ → Wir freuen uns über Anfragen/Rückmeldungen/Hinweise
 - ▶ → Vielen Dank für Ideen und Verbesserungsvorschläge

- ▶ Prinzipiell bei Fragen
 - ▶ HydroAS-Dokumentation und ggf. Schulungsunterlagen
 - ▶ FAQ
 - ▶ Support

