

# TP1 – Simulation hydro-morphologischer Gerinneprozesse

Markus Reisenbüchler

A. Dallmeier, T. Kern, F. de Vos, D. Aguirre, N.D. Nguyen

TU München, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Prof. Peter Rutschmann



# Agenda

## Status und Perspektive

1. Rückmeldung zum 3. Zwischenbericht
2. Aktuelle Ergebnisse
3. Diskussion und Festlegung der weiteren Arbeiten im Projektjahr 2021
4. Weitere Fragestellungen

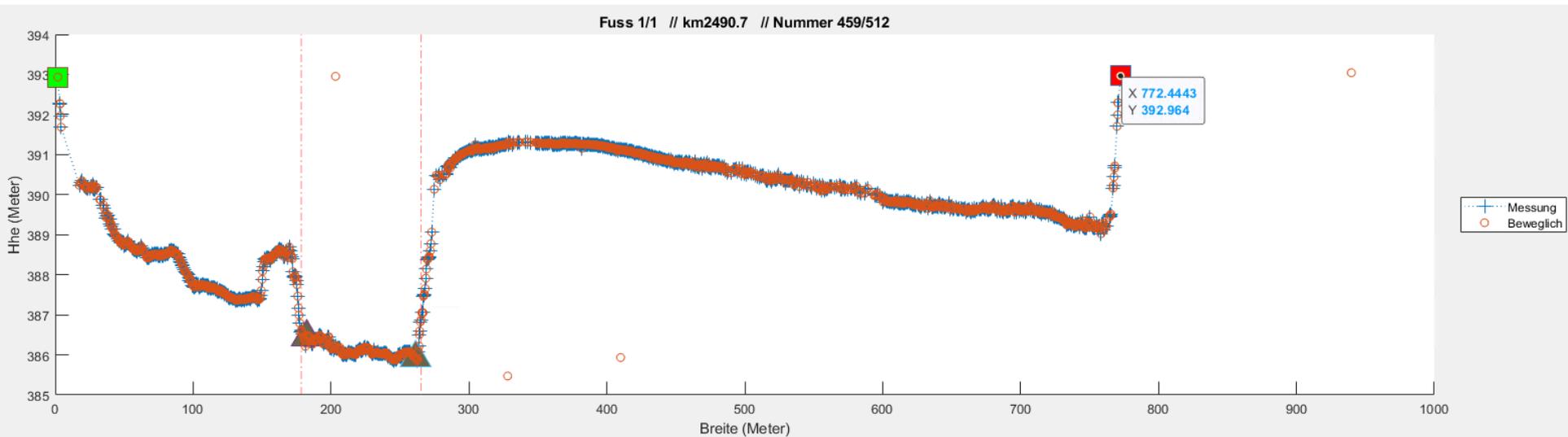
# 1. Rückmeldung zum 3. Zwischenbericht

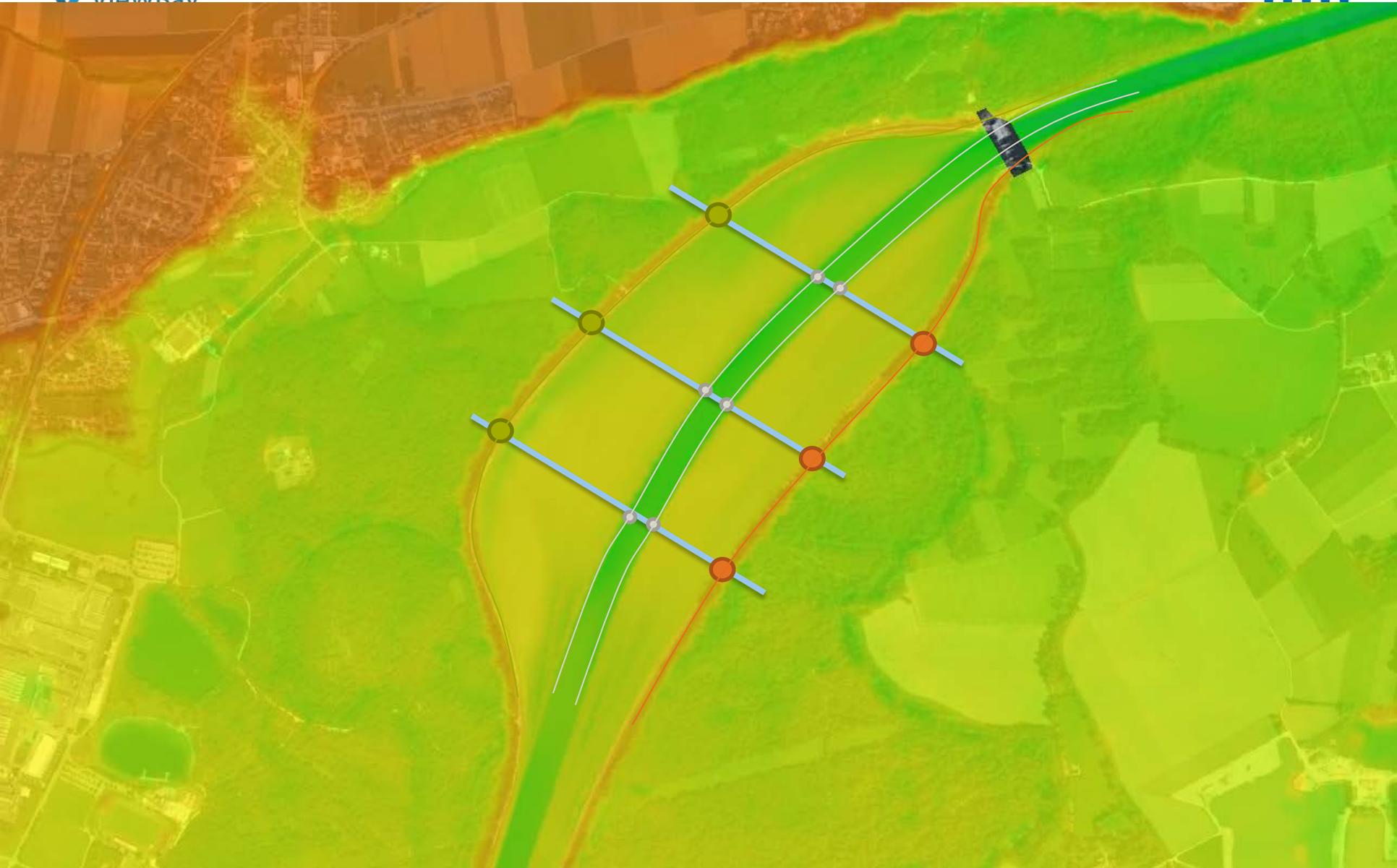
# 3. Zwischenbericht

- Abgabe am 15.12.2020
- Rückmeldung am 19.03.2021
- Überarbeitung bis 26.03.2021

## Diskussionspunkte:

- Anzahl der Fixpunkte: Festlegung auf 4





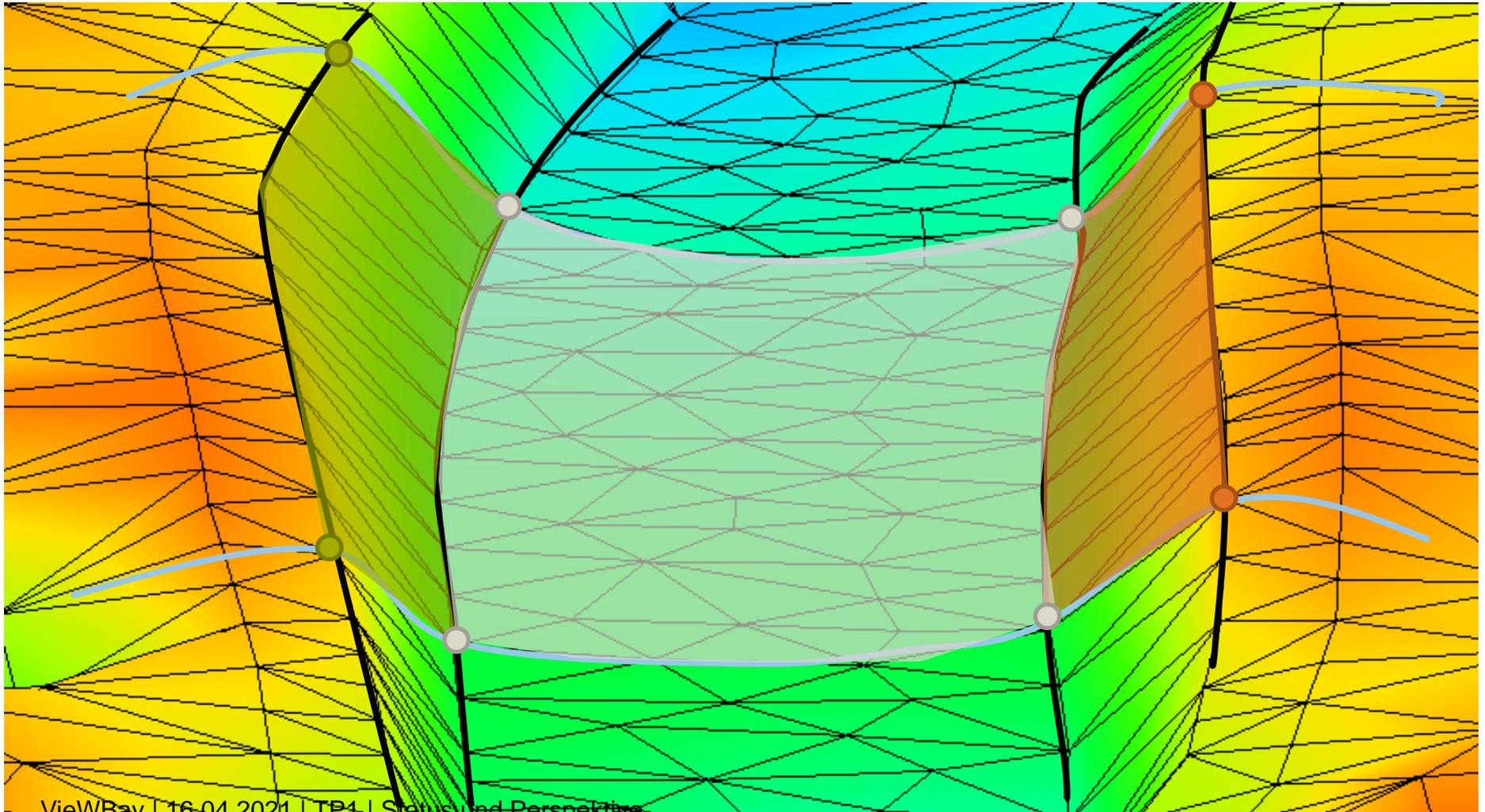
# 3. Zwischenbericht

- Abgabe am 15.12.2020
- Rückmeldung am 19.03.2021
- Überarbeitung bis 26.03.2021

## Diskussionspunkte:

- Anzahl der Fixpunkte: Festlegung auf 4
- Integration bestehender Böschungskanten teilweise möglich, muss Fixpunkte schneiden

# 3. Zwischenbericht



# 3. Zwischenbericht

- Abgabe am 15.12.2020
- Rückmeldung am 19.03.2021
- Überarbeitung bis 26.03.2021

## Zusätzliche Erklärungen:

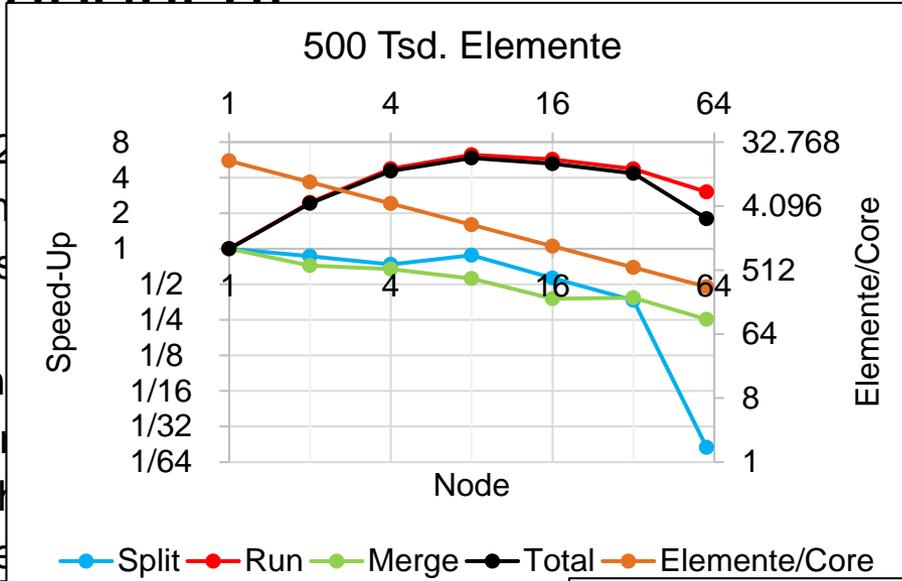
- Anzahl der Fixpunkte: Festlegung auf 4
- Integration bestehender Böschungskanten teilweise möglich, muss Fixpunkte schneiden
- SuperMUC: bisher ist der CoolMUC ausreichend; bis 5-10 Mio. Elemente maximaler Speed-Up möglich ca. 2000 Elemente/core optimal.

# 3. Zwischenbericht

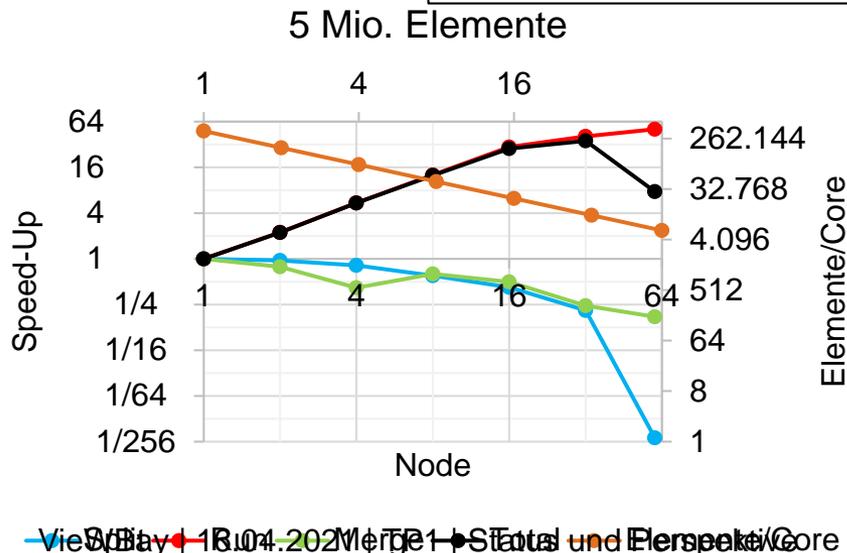
- Abgabe am 15.12
- Rückmeldung am
- Überarbeitung bis

Zusätzliche Erklärung

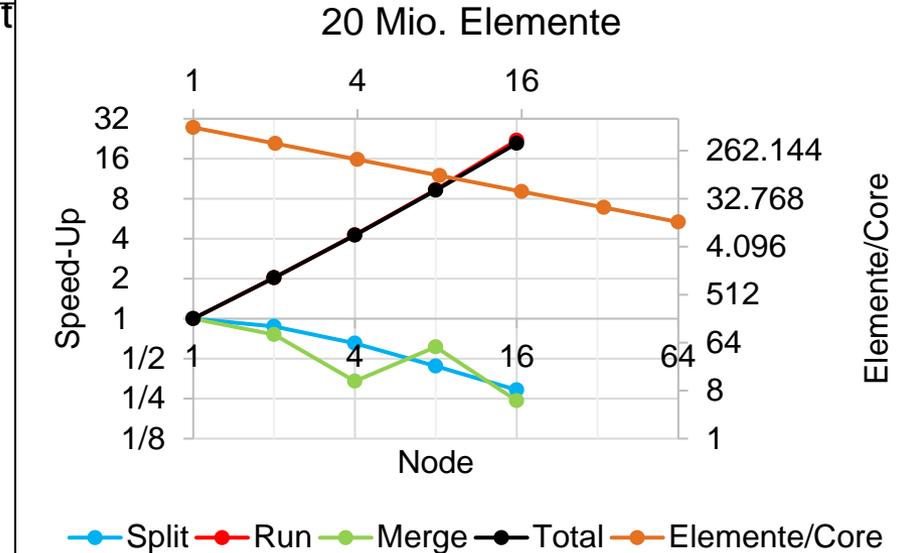
- Anzahl der Fixpunkte
- Integration bestehend
- SuperMUC: bisher



Fixpunkte schneiden  
Elemente maximaler



Opt



# 3. Zwischenbericht

- Abgabe am 15.12.2020
- Rückmeldung am 19.03.2021
- Überarbeitung bis 26.03.2021

## Zusätzliche Erklärungen:

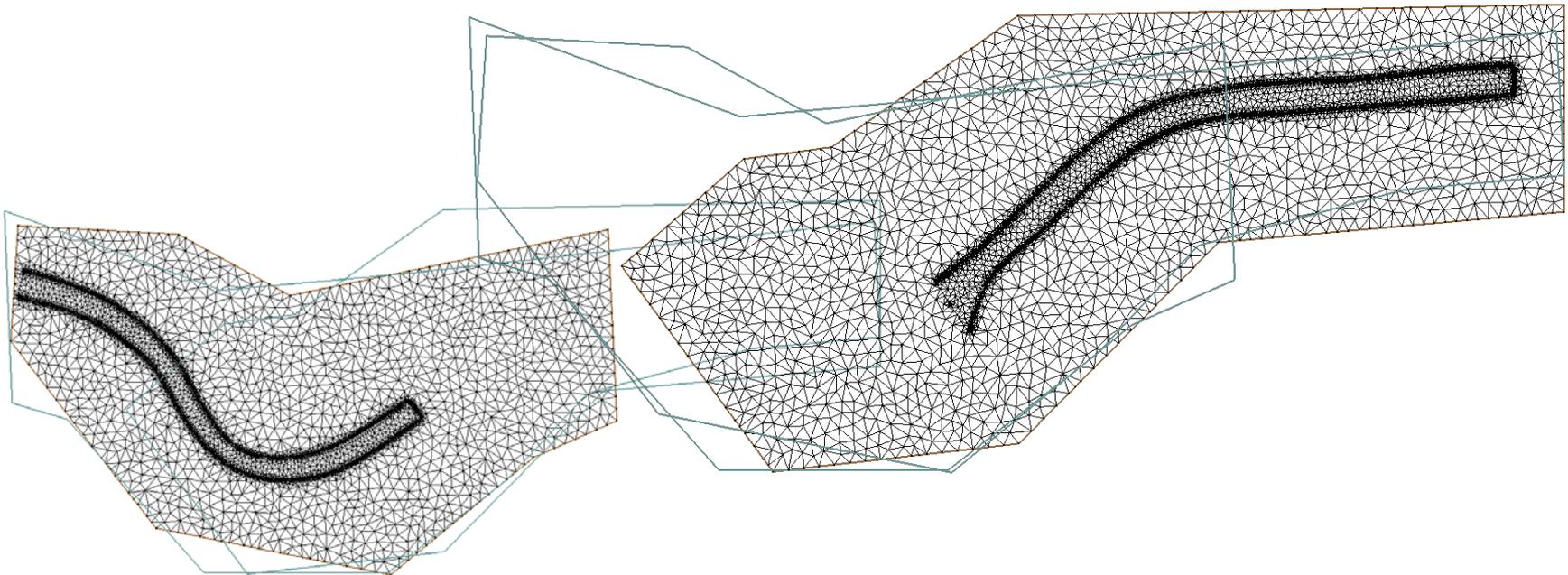
- Anzahl der Fixpunkte: Festlegung auf 4
- Integration bestehender Böschungskanten teilweise möglich, muss Fixpunkte schneiden
- SuperMUC: bisher ist der CoolMUC ausreichend; bis 5-10 Mio. Elemente maximaler Speed-Up möglich ca. 2000 Elemente/core optimal.
- Datenbank/Rückspielung für aufbereitete Informationen

## 2. Aktuelle Ergebnisse

# TUMesh: Ergänzungen

## Merging von Teilinformationen

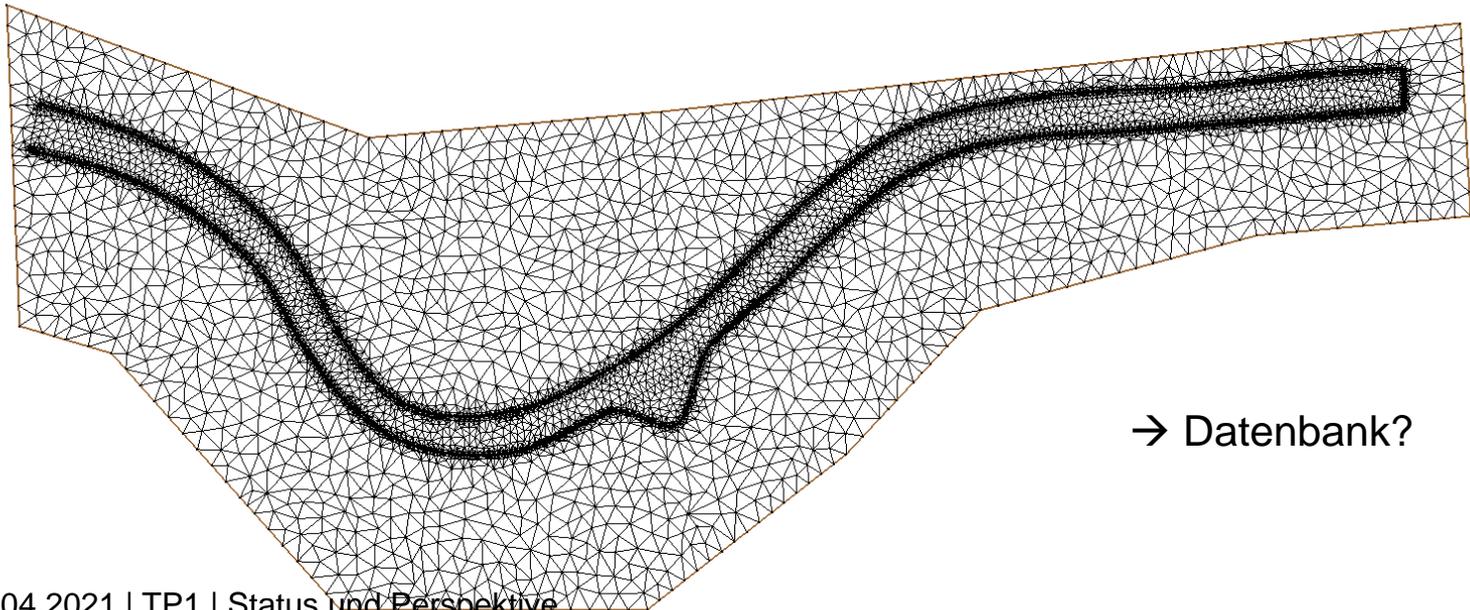
- Wiederverwenden von aufbereiteten Informationen:
  - Fixpunkte (x-y-z-Jahr-FKM-?)
  - Bruchkanten (x-y-z-Jahr-FKM-?)



# TUMesh: Ergänzungen

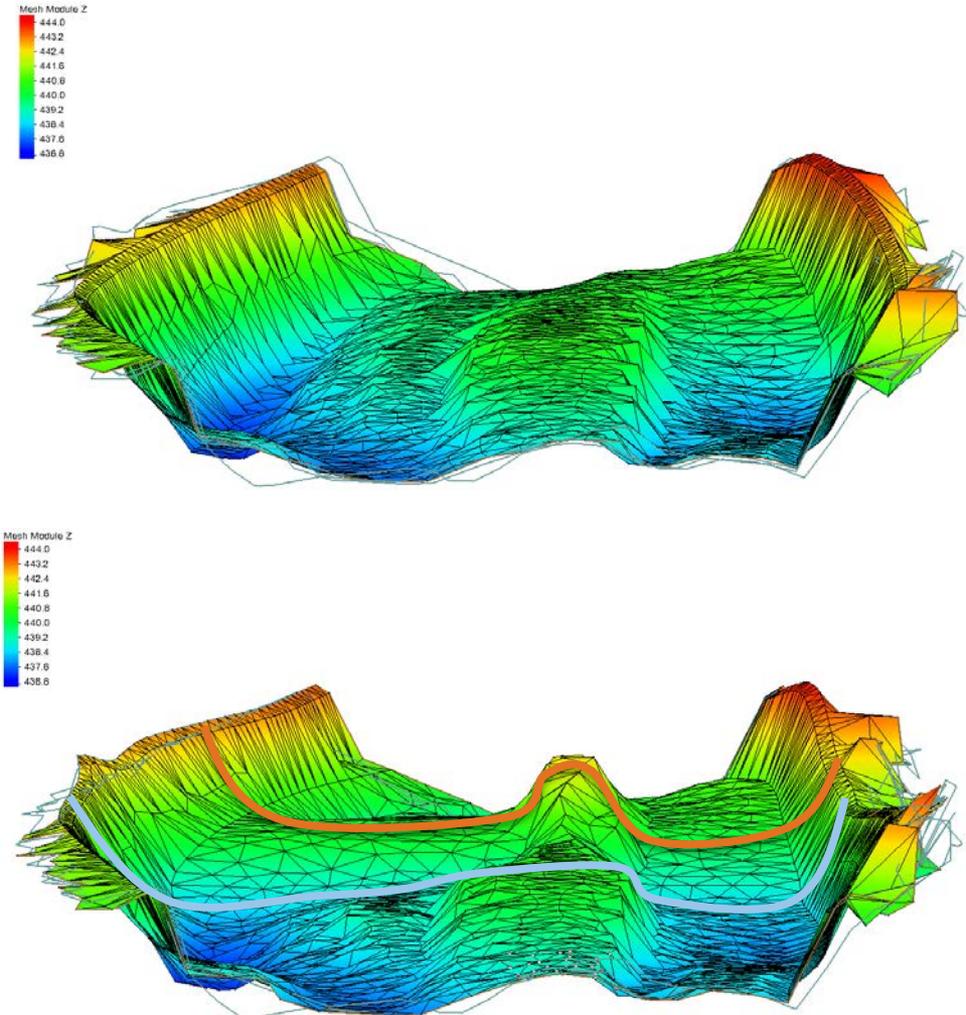
## Merging von Teilinformationen

- Wiederverwenden von aufbereiteten Informationen:
  - Fixpunkte (x-y-z-Jahr-FKM-?)
  - Bruchkanten (x-y-z-Jahr-FKM-?)



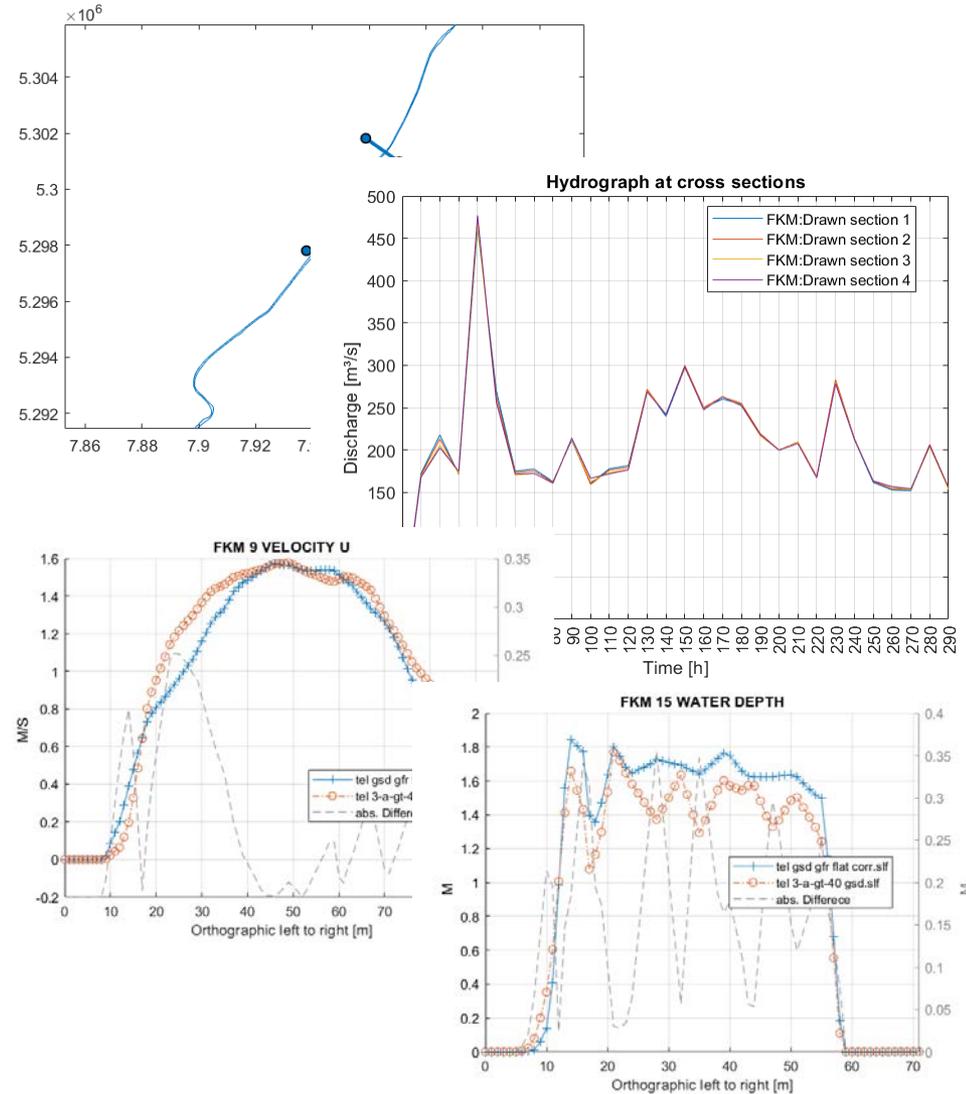
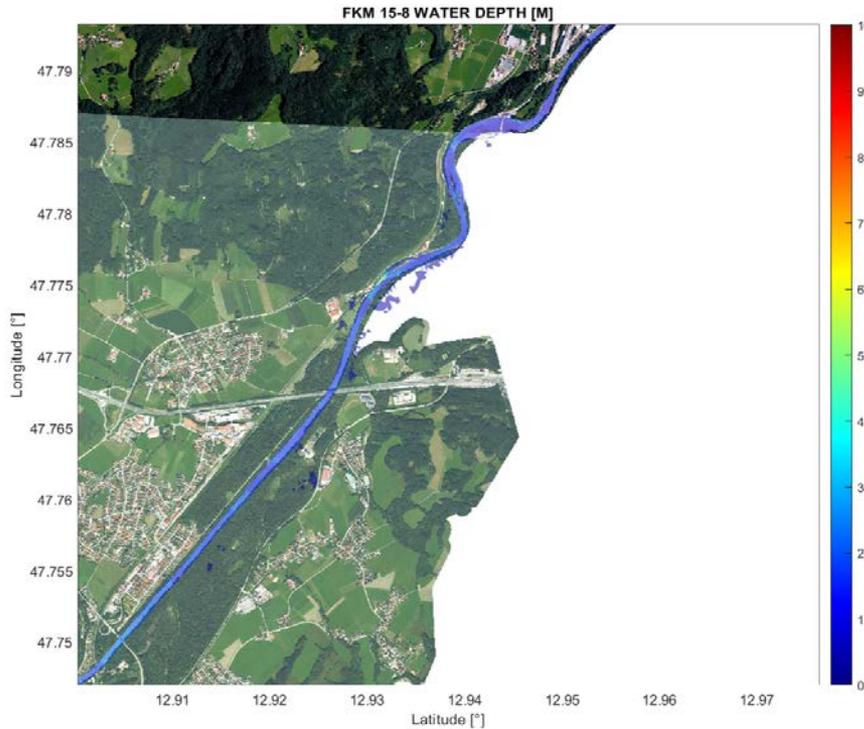
→ Datenbank?

# TUMesh: Ergänzungen



# TUMesh Ergänzungen

## Auswertetool

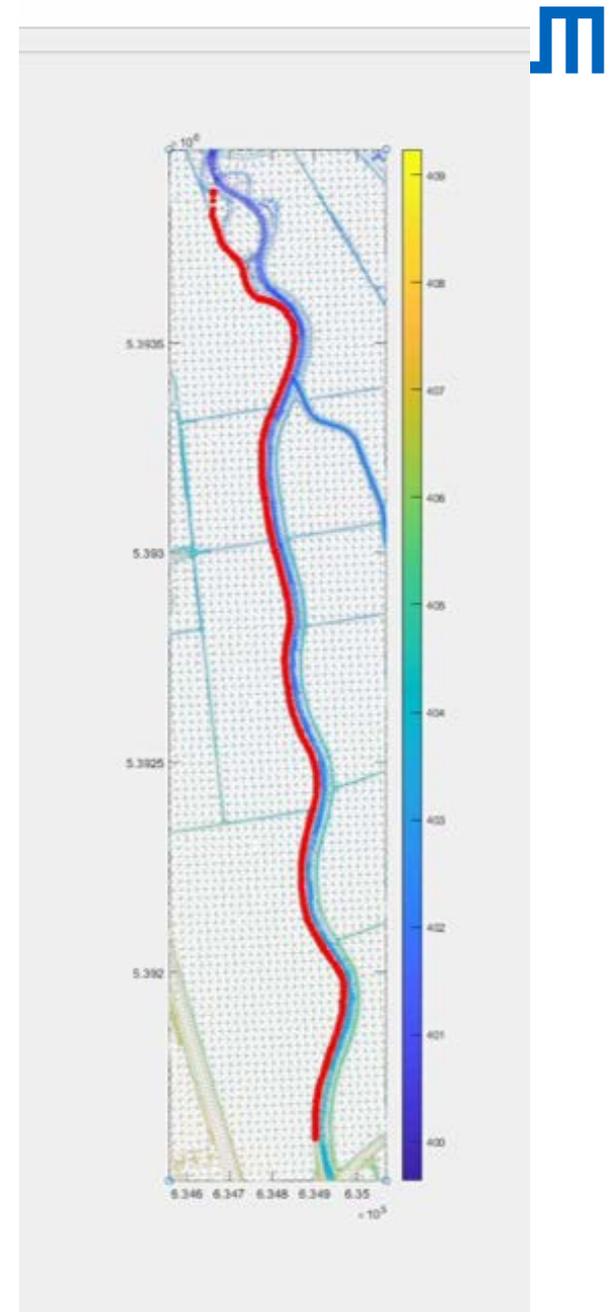
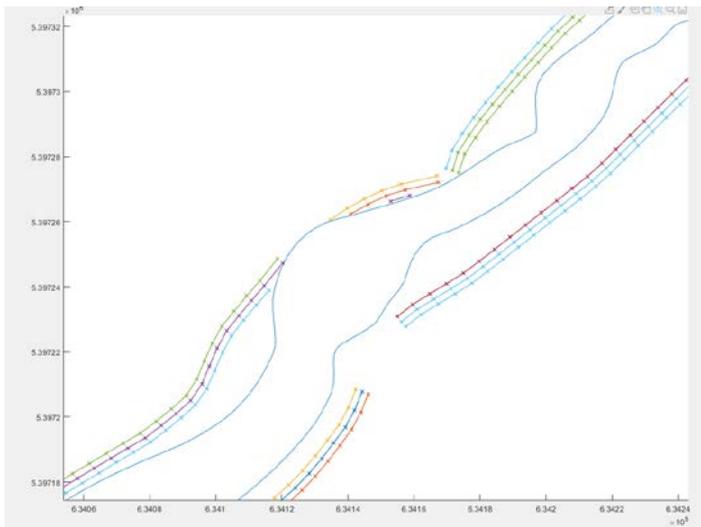


# TUMesh Ergänzungen

Erkennung von Deichstrukturen

Input: Trianguliertes Gitter (z.B. HGWK-Modelle)

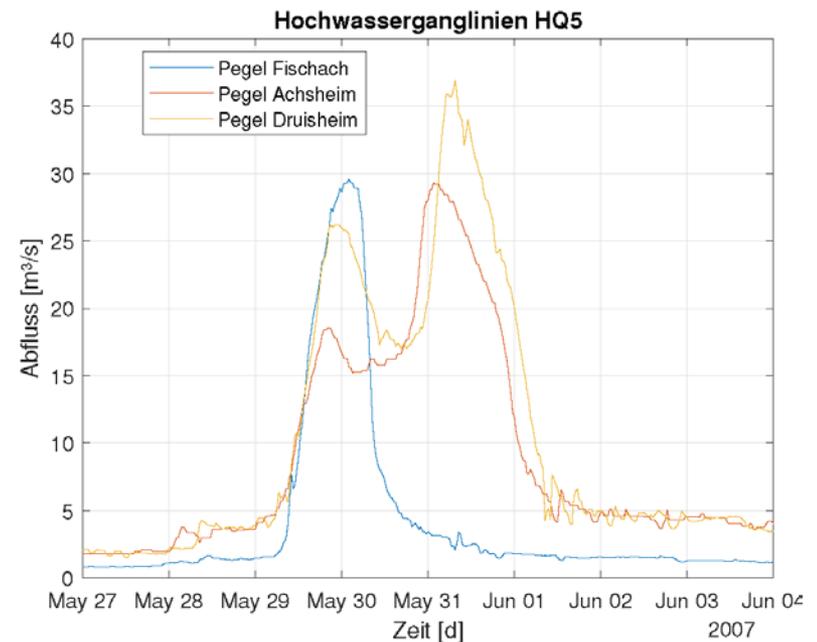
Output: X-Y-Shape File und XYZ-Punkte  
 → Verschneidung mit Fluss-Bruchkanten



# Hydrologische-hydrodynamische Kopplung

Pilot: Schmutter

- Schmutter: 75 km lang, ca. 500km<sup>2</sup> EZG gesamt; Mündung in die Donau
- Drei Pegel: Fischach (70 km) – Achsheim (30 km) – Druisheim (12 km)
- Herausforderung:
  - Verwundener Verlauf, viele Ausleitungen/Bauwerke
  - Deichstrukturen
  - Ausleitung in Egelseebach
- Szenario: Hochwasser 2007 ca. HQ5



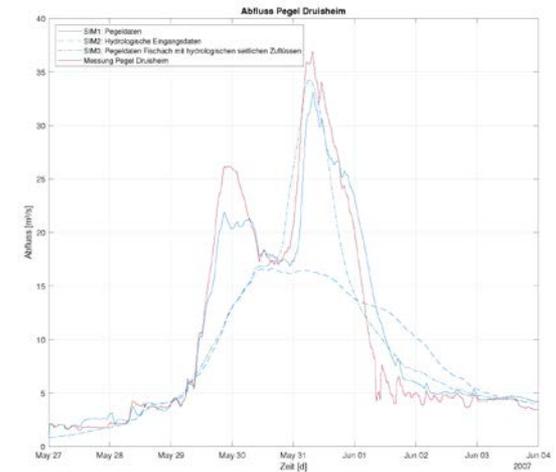
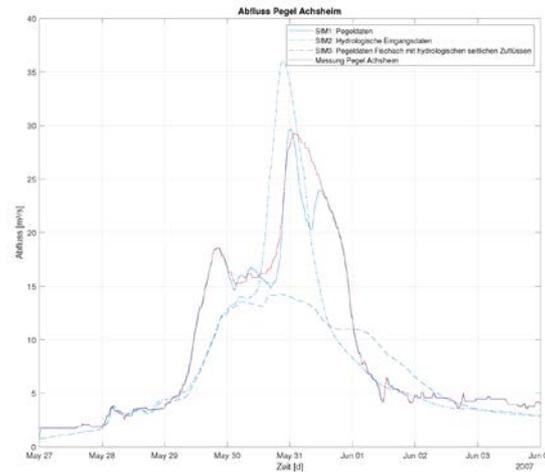
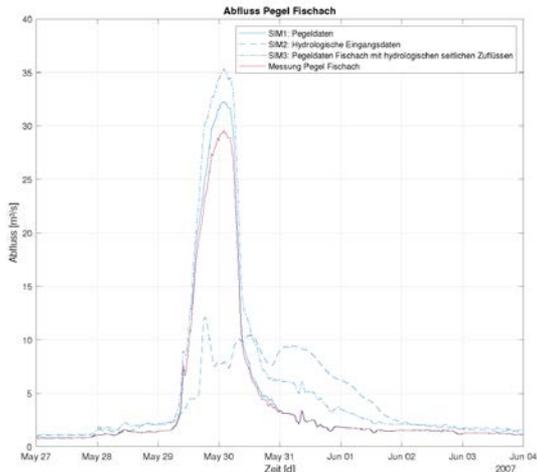
# Hydrologische-hydrodynamische Kopplung

Pilot: Schutter

## 3 Ansätze

1. Zugabe an den Pegelstationen entsprechend Hydro\_AS-2D Model (Referenz)
2. Rein hydrologischer Input
3. Gemessene Ganglinie am 1. Pegel + hydrologische seitliche Zuflüsse (Hybrid)

→ Vergleich mit den Messwerten

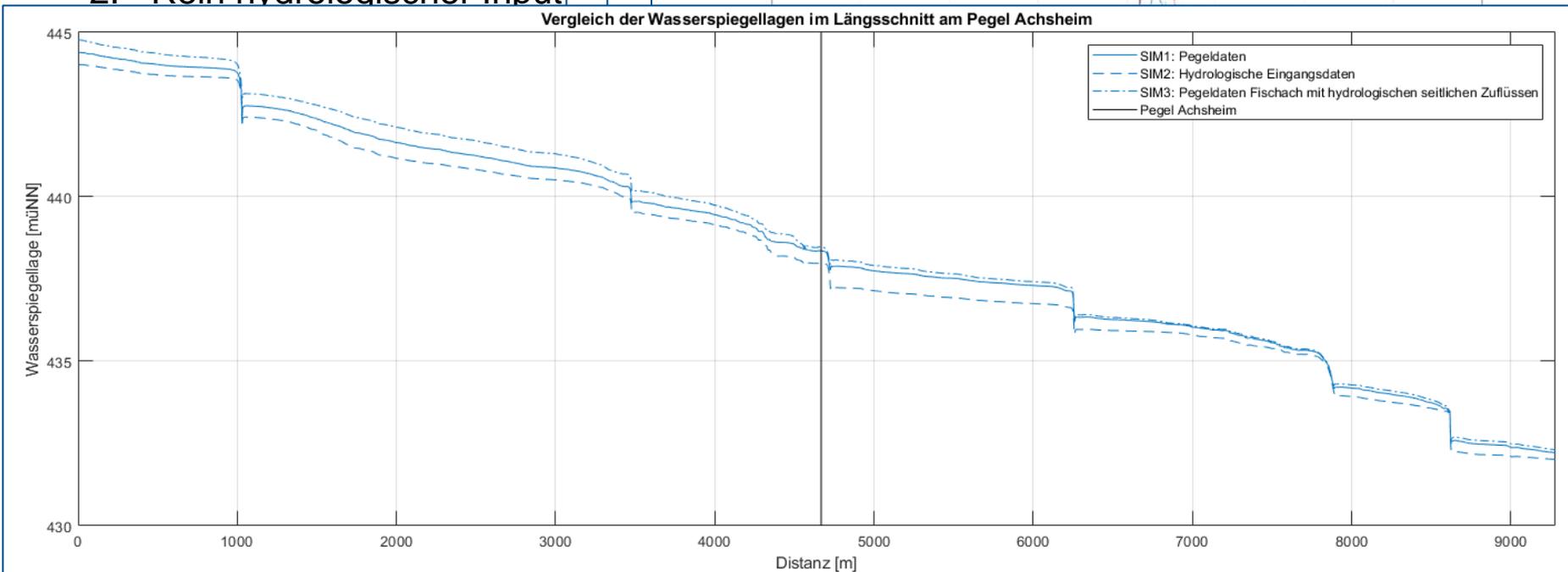


# Hydrologische-hydrodynamische Kopplung

Pilot: Schmutter

## 3 Ansätze

1. Zugabe an den Pegelstati
2. Rein hydrologischer Input



# Hydrologische-hydrodynamische Kopplung

Pilot: Schmutter

Fazit:

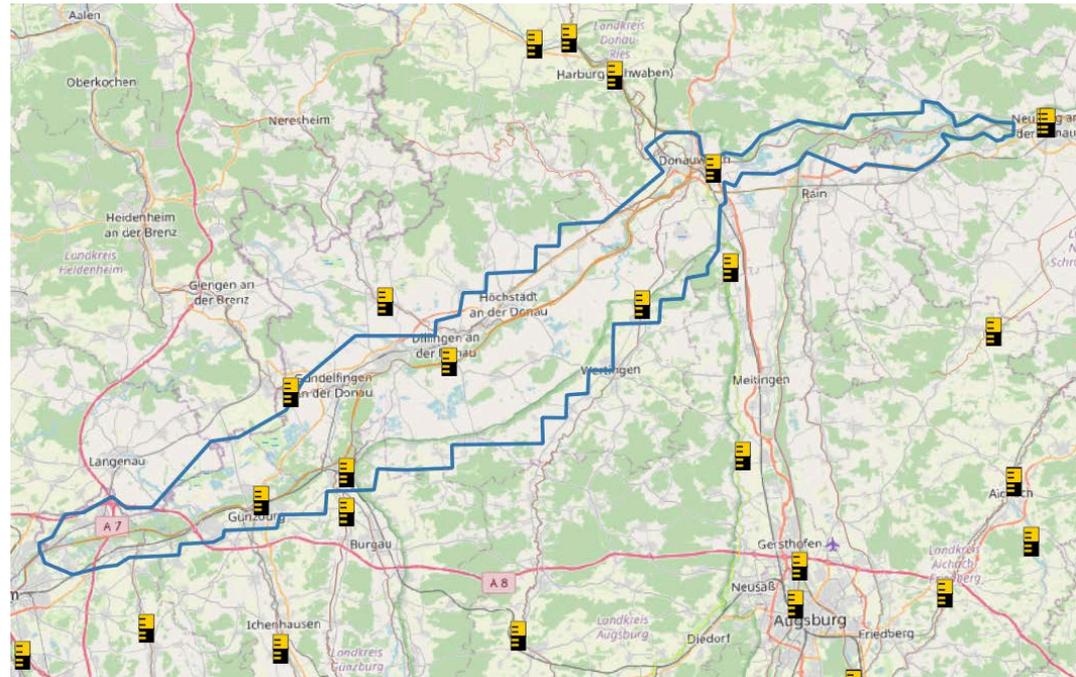
- Hydrodynamisches Modell grundsätzlich gut geeignet die Schmutter abzubilden
  - Verbesserung hinsichtlich Deiche/Dämme und Bauwerke möglich/notwendig
- Rein hydrologische Kopplung unterschätzt den ersten Pegel komplett und somit auch folgende
- Hybride Kopplung besser; gleicht Unter- und Überschätzung aus; Probleme bei Prognosen und Übertragbarkeit

# Hydrologische-hydrodynamische Kopplung

Pilot: Donau

- Kopplung in größerem Maßstab
- 100 km Fluss mit 11 Stauhaltungen; Neu-Ulm bis Bittenbrunn
- 1,2 Mio. Elemente

Hydrologischen Daten:

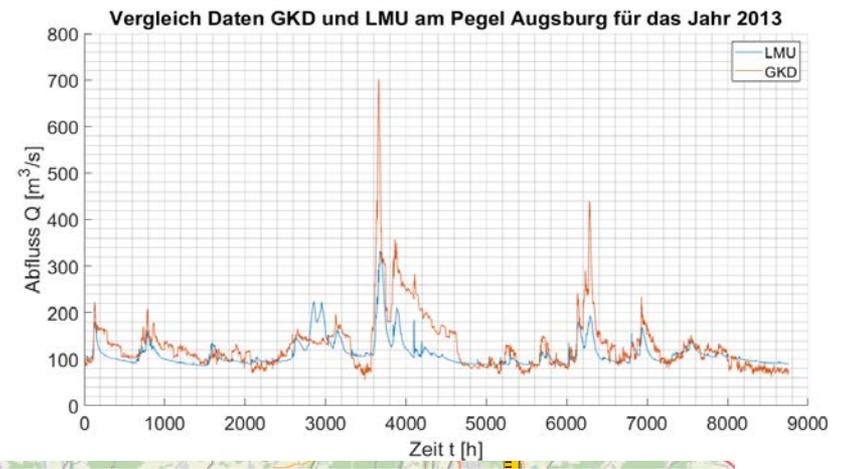
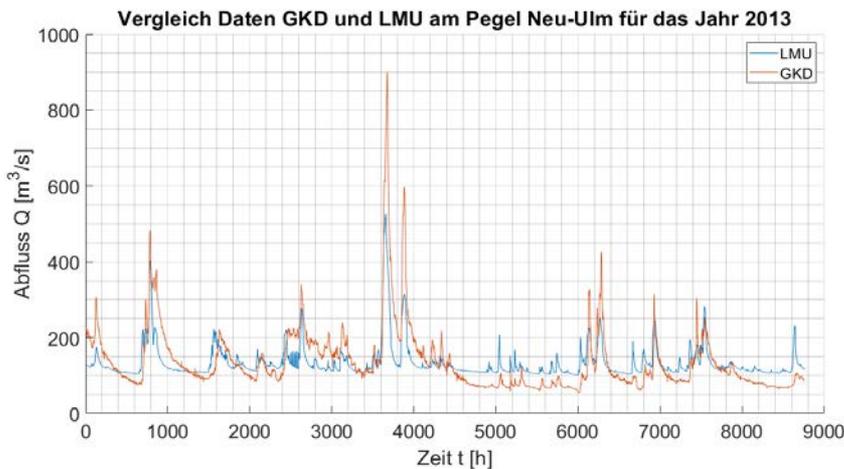


# Hydrologische-hydrodynamische Kopplung

Pilot: Donau

- Kopplung in größerem Maßstab
- 100 km Fluss mit 11 Stauhaltungen; Neu-Ulm bis Bittenbrunn
- 1,2 Mio. Elemente

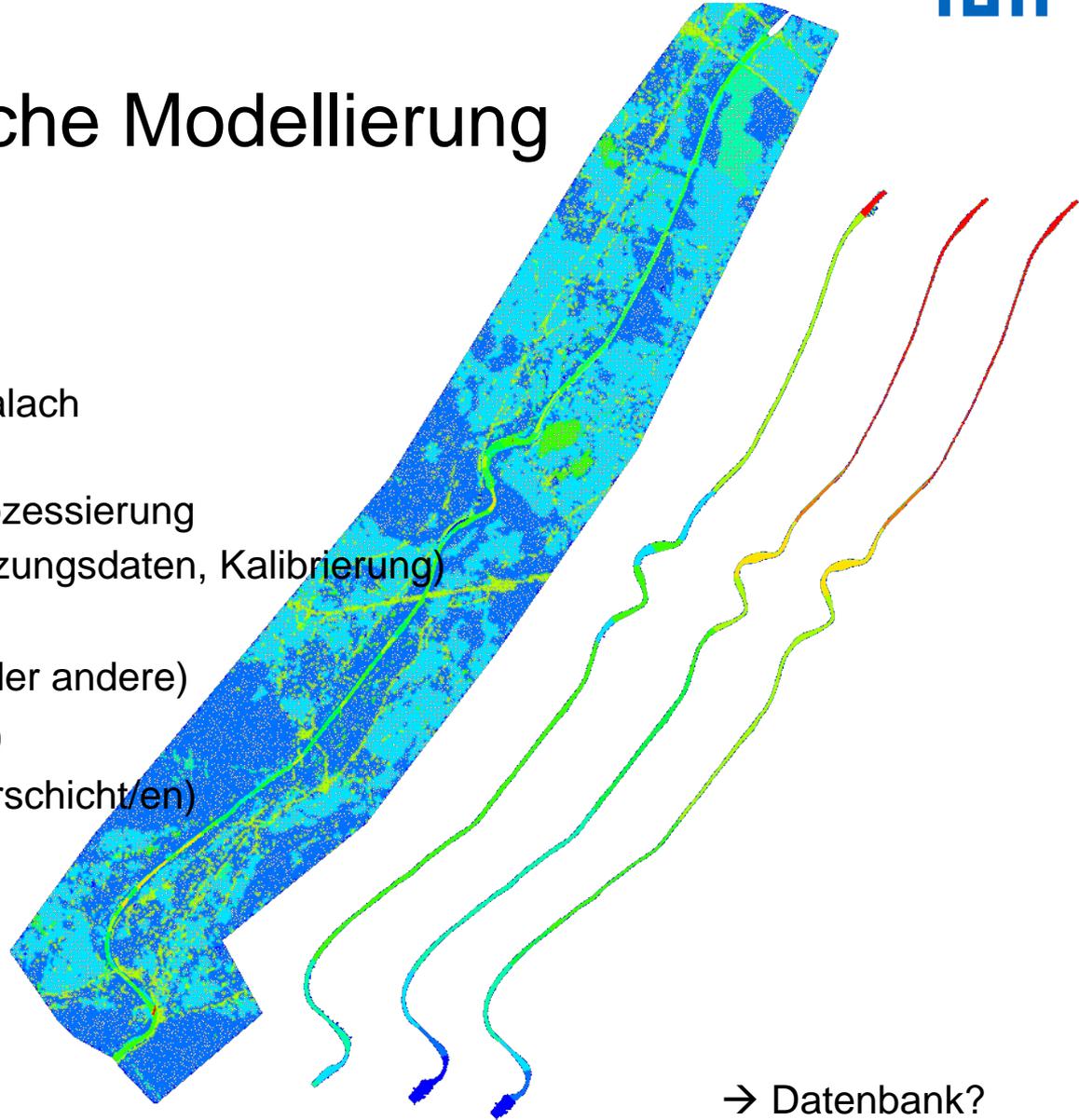
Hydrologischen Daten:



# Hydromorphologische Modellierung

Pilot: Saalach

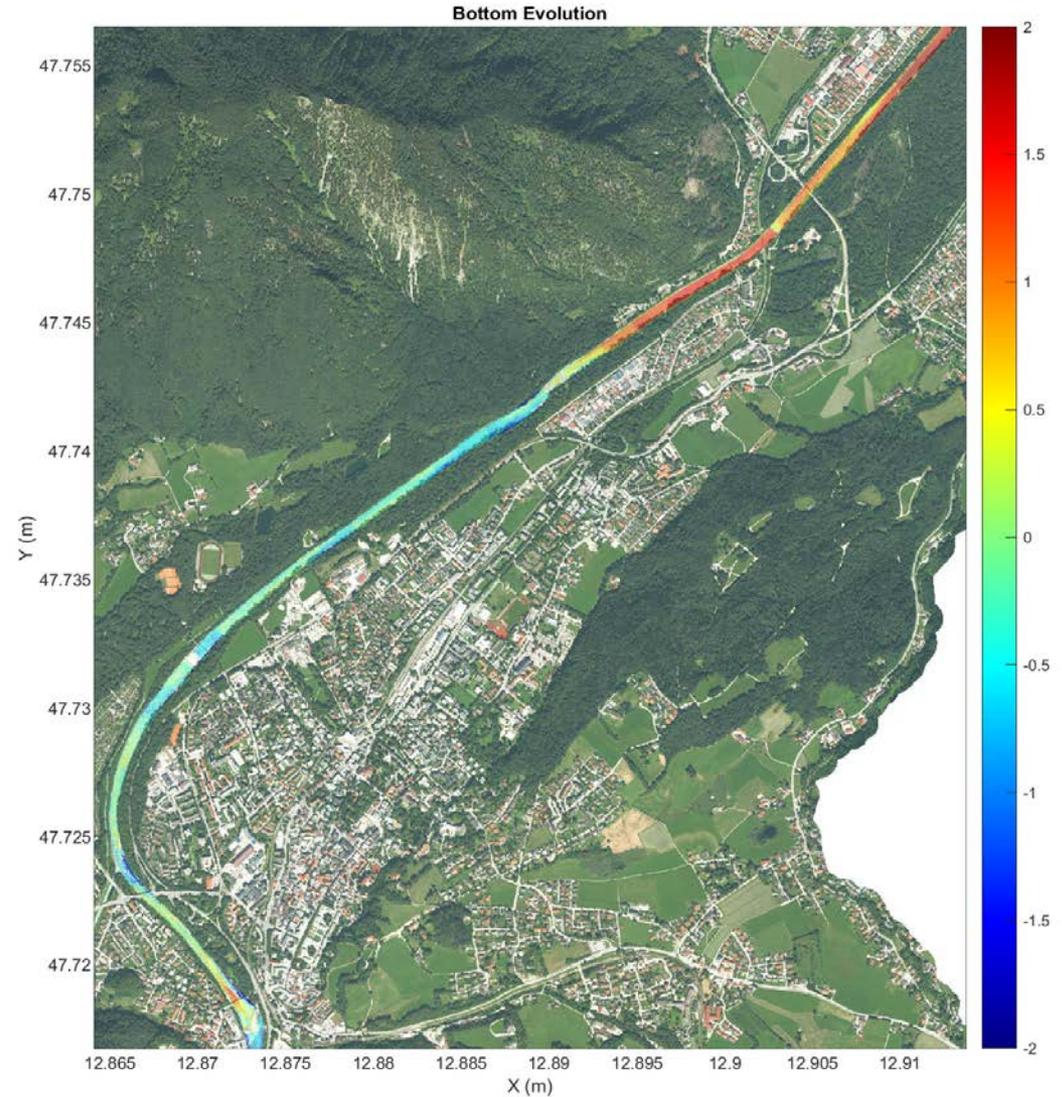
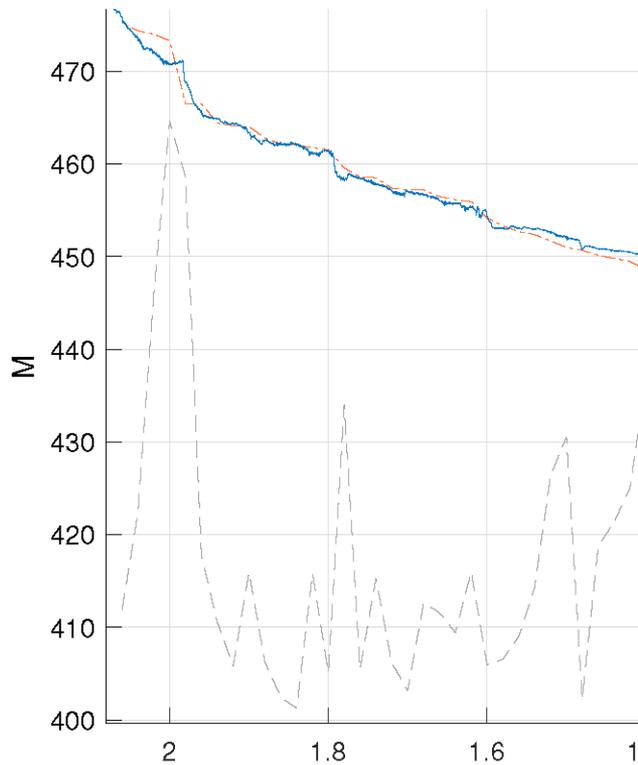
- 20 km Flusslauf der unteren Saalach
- 283.000 Elemente-Netz
- Fokus: vereinheitlichte Datenprozessierung
  - Input: User (Modelle, Landnutzungsdaten, Kalibrierung)
  - Output: Flächige shps für
    - Rauheit (z.B. Strickler kst oder andere)
    - Formrauheit ( $\mu=(kst/ks)^{1.5}$ )
    - Sohlaufbau (Deck und Unterschicht/en)



→ Datenbank?

# Hydromorphologisch

Pilot: Saalach



# Hydromorphologische Modellierung

Pilot: Saalach

- Viel User Input nötig
  - Randbedingungen (Art, Menge, Verteilung)
  - Komplexere Fragestellungen als an der Saalach möglich:
    - Kohäsiv – nicht Kohäsiv
    - Schwebstoff – Geschiebe
    - Ufererosion
    - ..
- Langzeit Kalibrierung mit HPC Rechnern effizient möglich

→ Grundsätzlich möglich, aber nicht automatisch.

### 3. Diskussion und Festlegung der weiteren Arbeiten im Projektjahr 2021

# TP1: Angebot

## AP1: Modellerstellung

### Fazit: Viel mehr Zeit als Gedacht

- Meiste Zeit für in Datenaufbereitung
- TUMesh funktioniert grundsätzlich, kann erweitert werden
- Muss für operativen Betrieb aber optimiert werden (HydroBITS-Workshop)

- Modellvergleich (Benchmark-Test o.ä.) durchführen, auswerten, präsentieren
  - **Abgeschlossen**
- Sammeln aller existierenden Modelle, sowohl Rechenmodelle als auch digitalisierte Geländemodelle sowie der Flussquerschnittsvermessungen.
  - **HydroAS-2D Modelle teilweise verwendbar; Profile in HIS3D abrufbar - nicht direkt verwendbar; 1x1m DGM verfügbar; keine flächendeckenden Längsstrukturen/Flusslauf verfügbar**
- Zusammentragen der Pegelmessdaten, der Kornverteilungskurven der Sohle, der Rauheitsinformationen etc.
  - **Pegelmessdaten im GKD abrufbar; Kornverteilungen der Sohle nicht zentral vorhanden; Rauheit kann aus HGWK Modellen und Landnutzung übernommen werden**
- Grundsätzliche Gedanken zur Netzdiskretisierung bzw. Geometriebeschreibung. Möglichkeiten der Netzverfeinerungen in der Modellsoftware bzw. durch alternative Software zur Netzgenerierung.
  - **Entwicklung vom TUMesh**
- Zusammenfügen aller Teilinformationen zu einem gesamtheitlichen Modell, das die Flussläufe Bayerns, in denen Geometrieinformationen vorliegen, umfasst.
  - **Kaum realisierbar**

# TP1: Angebot

AP2: Portierung von der Modellsoftware auf SuperMUC

- Lauffähige Portierung des Codes auf den SuperMUC
  - Läuft auf LinuxCluster → auch auf dem SuperMUC
- Analyse der Code Performance
  - Läuft gerade
- Optimierung und eventueller Ersatz von Teilen des Modellsoftware Codes
  - TODO
- Benchmarkings
  - TODO

## **Fazit: Offene Punkte**

- Verzögerung durch Personalwechsel und Mehraufwand in AP1

# TP1: Angebot

AP3: Modellkalibrierung

## Fazit: Weitgehend erfüllt

- Pilot-Modelle später erstellt als geplant
- Automatische Reinwasserkalibrierung funktioniert theoretisch gut, aber mit welchen Daten?

- Automatisierte Reinwasserkalibrierung des Modells für geeignete Hochwasserereignisse und unter Verwendung bestehender, geeichter Modelle.
  - Tool wurde entwickelt und funktioniert gut
  - Pilot Schutter abgeschlossen
  - Pilot Saalach abgeschlossen
  - Pilot Donau läuft
- Zusammensetzung der kalibrierten Teilmodelle (für Strömung und Sedimenttransport) zu einem Gesamtmodell
  - Schutter morphologisch keine Daten; total ausgebauter Fluss
  - Saalach abgeschlossen (20km)
  - Donau möglich?!
- Validierung der kalibrierten Teilmodelle an Szenarien mit Teilmodell übergreifenden Modellen bzw. mit dem Gesamtmodell

# TP1: Angebot

## Fazit: Implementiert

- Transfer der Netzauflösung 1x1km Raster auf wenige Meter ist implementiert
- Einweg-Kopplung funktioniert
- Ergebnisse nicht optimal an der Schmutter
- Donau Tests laufen gerade

## AP4: Modellerweiterung

- Erweiterung des Codes für den Übergangsbereich von Flächenabfluss in Gerinneabfluss in enger Kooperation und Abstimmung mit der flächigen, hydrologischen Modellierung (TP3).
  - Einweg-Kopplung entwickelt (Promet→Telemac)
- Austesten unterschiedlicher Ansätze
  - Zwei-Wege-Kopplung bzw. Voll-Kopplung nicht im Projekt umsetzbar mit Promet
- Geeignete Testfallberechnungen
  - Pilot Schmutter abgeschlossen
  - Pilot Donau läuft
- Alles in enger Kooperation mit Prof. Mauser betreffs der flächigen, hydrologischen Modellierung (TP3)
  - kontinuierlich

# TP1: Angebot

AP5: Szenarienmodellierung

AP6: Management, Visualisierung, interaktive Tools und Schulung

- Berechnungen mit den in der flächigen hydrologischen Modellierung (TP3) erstellten Szenarien
- Zusammenfassung der Resultate und Folgerungen
- Identifizierung möglicher Handlungsoptionen für ein Hochwassermanagement
- Implementierung der Kopplung zur laufenden Messdatenerfassung und zu relevanten, anderen Softwarepaketen
- Systematische Analyse der Szenarienabläufe
- Entwicklung systemrelevanter Managementoptionen
- Vorbereitung des Modellsystems für den kontinuierlichen Modus
- Komplexe, dreidimensionale Visualisierung in der Cave bzw. für ein vergleichsweises Postprocessing.
- Schulungen

**Fazit: TODO**

# Fahrplan

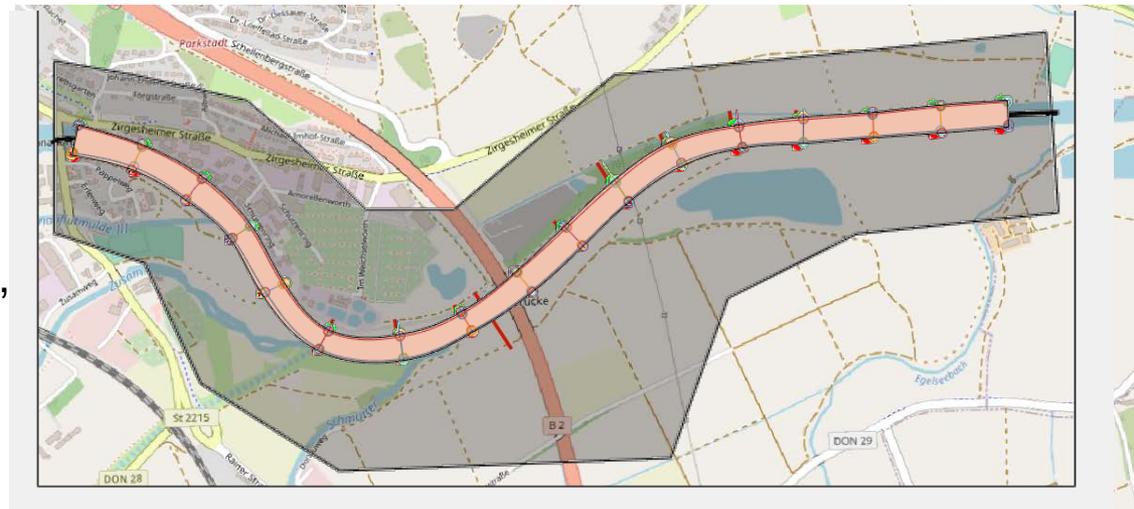
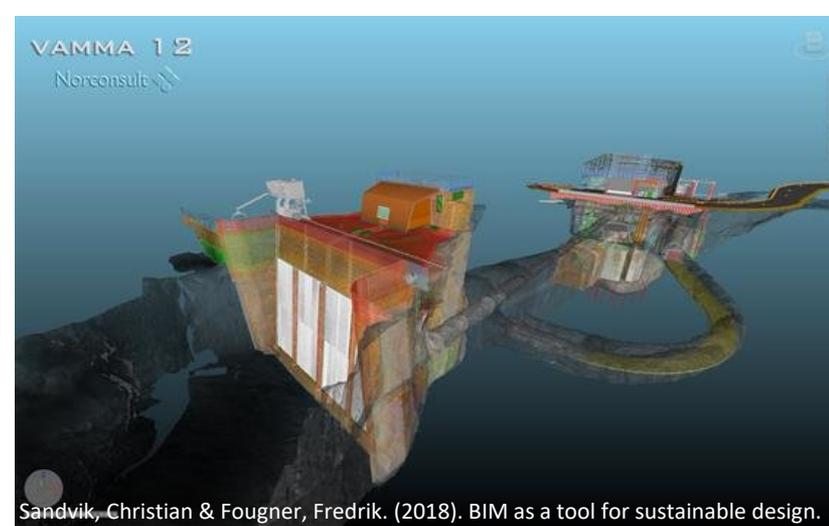
- AP2: Liegt an uns → wird bis Ende 2021 erfüllt
- AP3: Kopplungstest an der Donau starten jetzt, Schmitter-Modell wird hydraulisch verbessert (Deichlinien) → Ergebnisse bis Mitte Mai fertig
- AP5: Festlegung der Szenarien/Regionen die untersucht werden können/sollen (LfU+LMU+TUM) → so schnell wie möglich!  
Hydrologisch ↔ Hydrodynamisch ↔ Morphologisch
- AP6:
  - Postprocessing Konzept für die Szenarien mit HydroBITS auf deren Plattform?
  - Visualisierung – Kooperation mit TP10/HydroBITS → Cave, VR-Brille ?
  - Schulungen – TUMesh Workshop kann angeboten werden (Herbst) ?

# 4. Weitere Fragestellungen

# Weitere Fragestellungen

## Datenbank

- Hintergrund: Daten werden in Projekten/Aufträge erhoben und aufbereitet
- Idee: Rückspielen in eine Datenbank
- Lösung:
  - Für welche Programme und Anwendungen?
    - Hydro\_AS-2D, Telemac, GIS,..
    - Simulationen, Abfragen,..
  - Welche Daten?
    - Geodaten: Profile + Fixpunkte, Bruchkanten, Flussmittelachse, Bauwerke (BIM+Hydro), Deichlinien,..
    - Hydraulik und Morphologie: Rauheit, Kornverteilung, HW-Fixierungen, Messdaten



# Weitere Fragestellungen

## TUMesh

- In VieWBay TP1 entwickelt – einzelne Matlab Module
- Idee: Überführung in allgemein anwendbare Lösung
- Lösung: Kooperation mit Softwareentwickler
  - Anwender: LfU, WWA, Ing.-Büros?
  - Code Optimierung
  - Integration in zugängliche Plattform (wie in HydroBITS Workshop vorgestellt)
  - Anbindung an Datenbank

# Weitere Fragestellungen

## Zwei-Wege-Hydrologisch-Hydrodynamische Kopplung

Motivation: Verbesserung der Genauigkeit und Übertragbarkeit

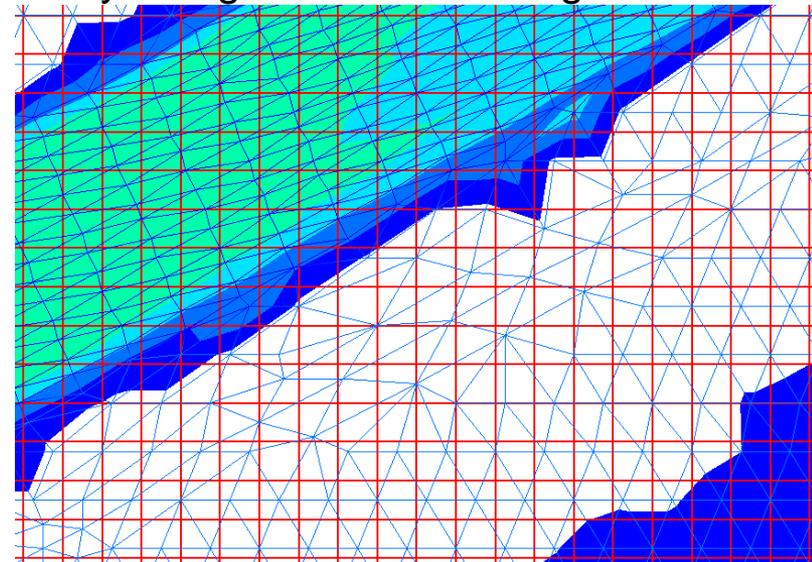
Ziel: Entwicklung eines neuen Modellansatzes

Konzept:

- Sobald Abfluss oder Wasserstand  $>$  Grenzwert  $\rightarrow$  Hydrodynamisches Routing + Hydrologische Quellen/Senken (Infiltration, Regen)
- Sobald Abfluss bzw. Wasserstand  $<$  Grenzwert  $\rightarrow$  rein hydrologische Berechnung
- Netzauflösung angepasst/identisch
- Identische Zeitschritte
- Kommunikation nach jedem Zeitschritt

Anwendung: Hochwasser und Niedrigwasser

- Programm:
  - Hydrodynamik: Telemac (open-source)
  - Larsim, Promet,? (TUM,LMU)

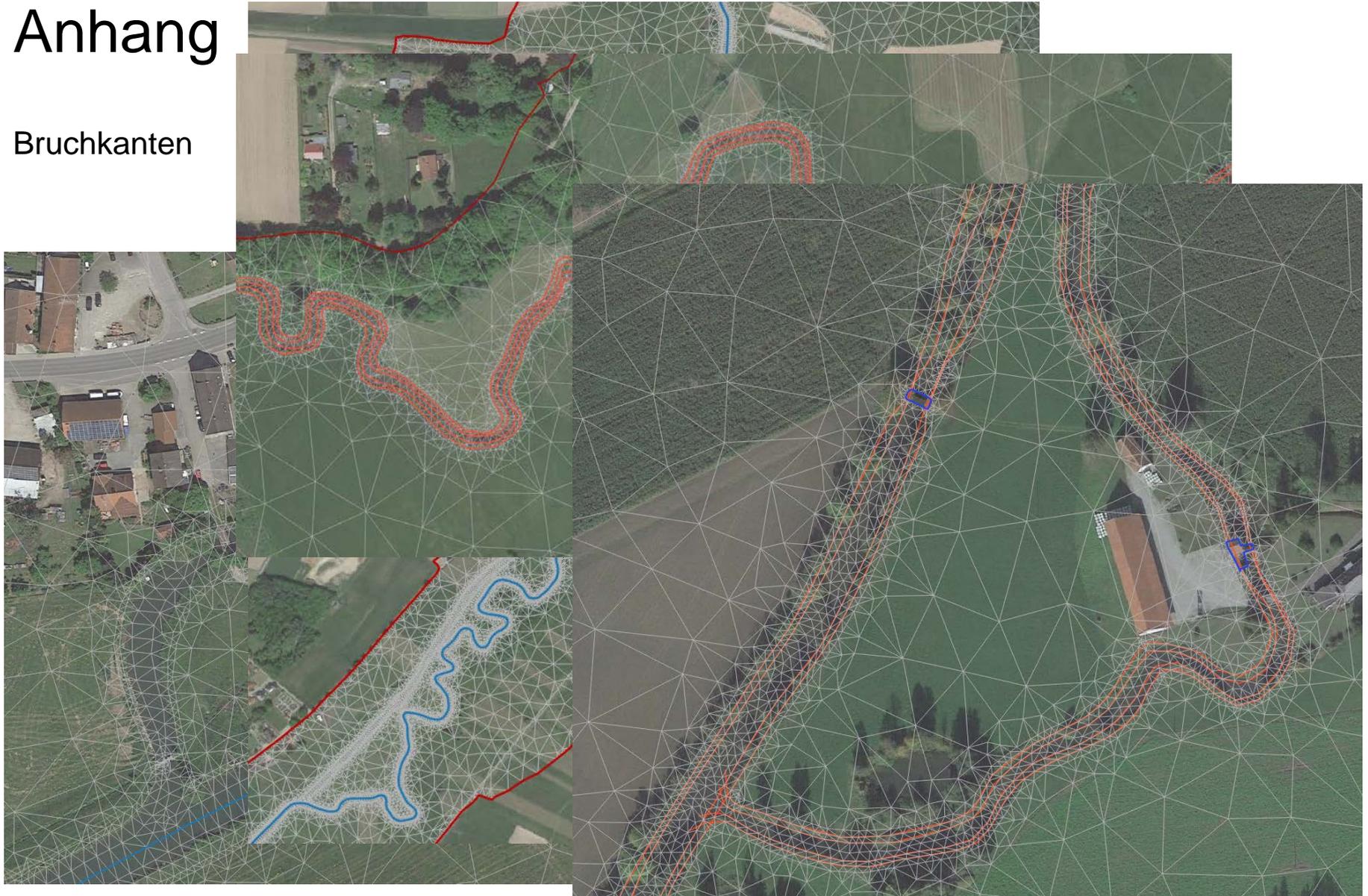


Danke für die Aufmerksamkeit



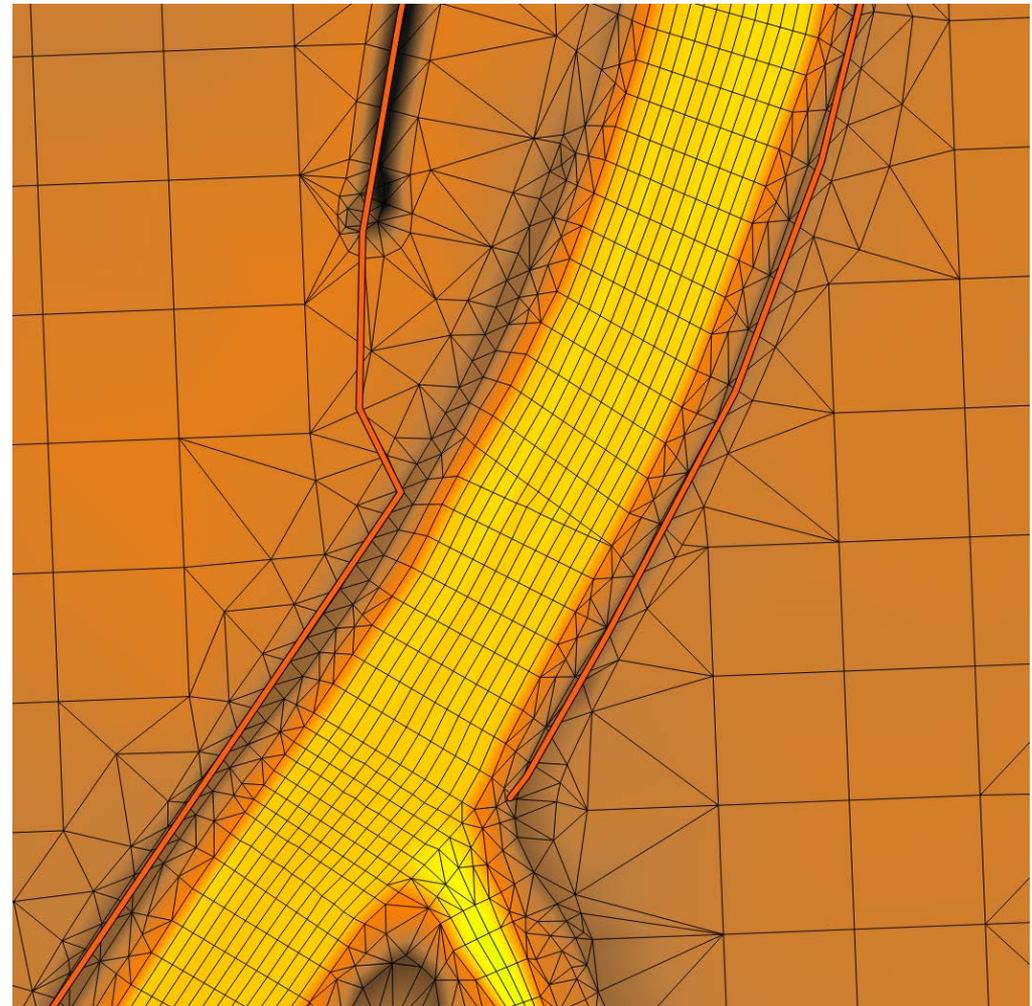
# Anhang

Bruchkanten



# Anhang

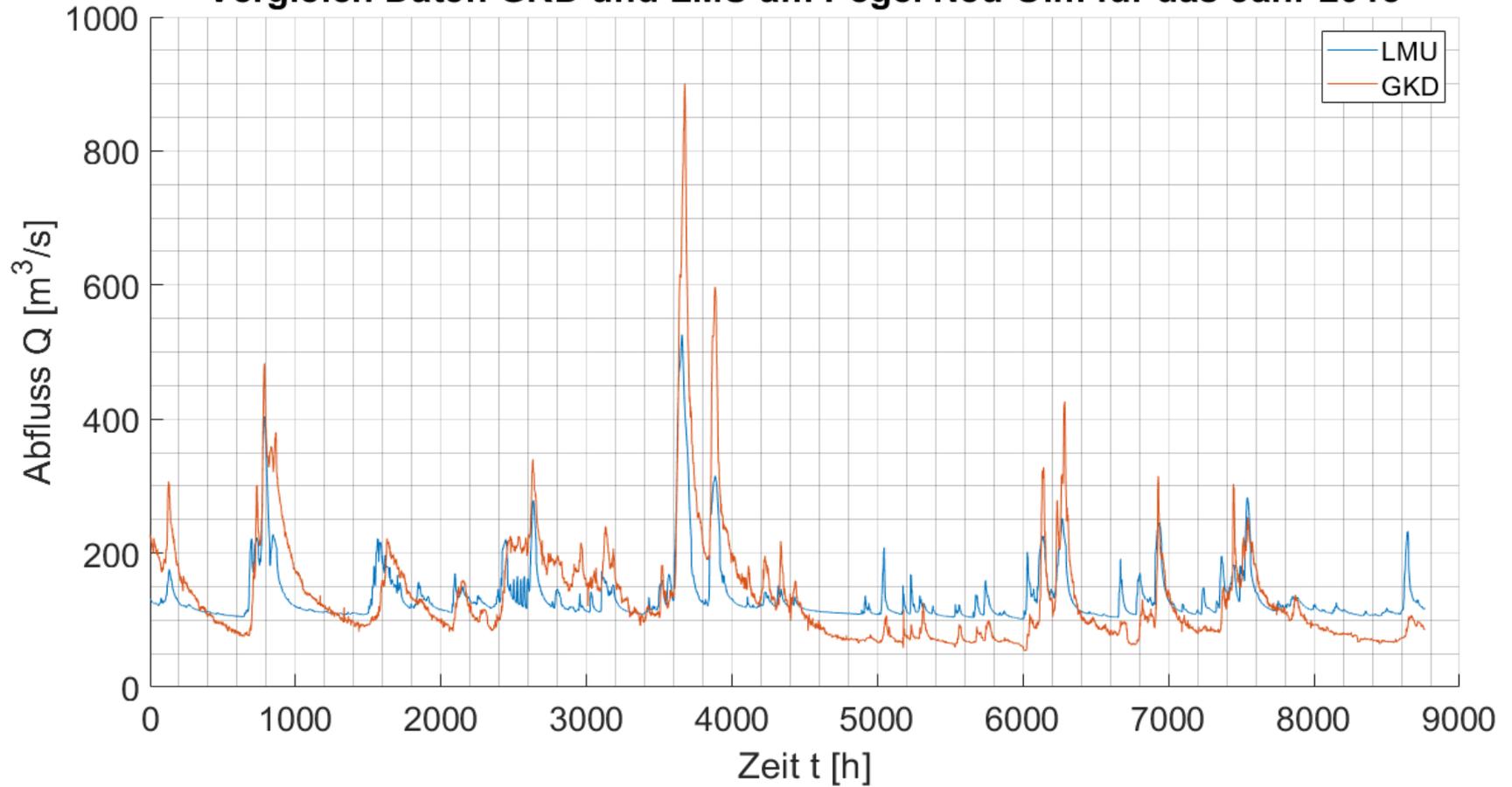
Deichlinien: Vgl mit WMS Dienst



# Anhang

Pegel Neu-Ulm

**Vergleich Daten GKD und LMU am Pegel Neu-Ulm für das Jahr 2013**



# Anhang

Pegel Neu-Ulm

