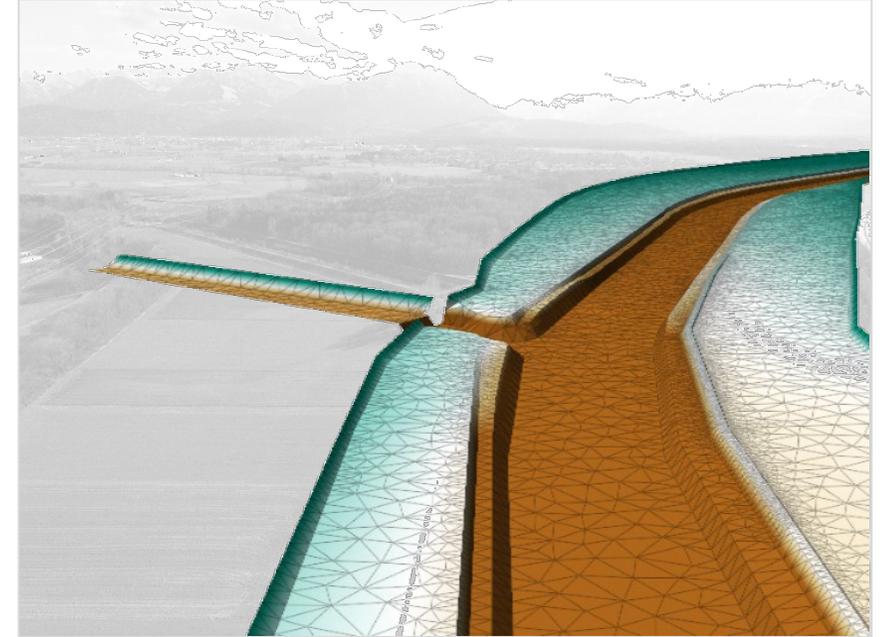




Internationale
Rheinregulierung



Numerische Modellierung Alpenrhein Hochwasserschutzprojekt Rhesi

Basement User Meeting

28. Januar 2021

Seline Frei, Gabriel Zehnder

Inhalt

- Einleitung
 - Projektgebiet
 - Rheinregulierung Anfang 20. Jahrhundert
- Hochwasserschutzprojekt Rhesi
- Herausforderungen Modellierung

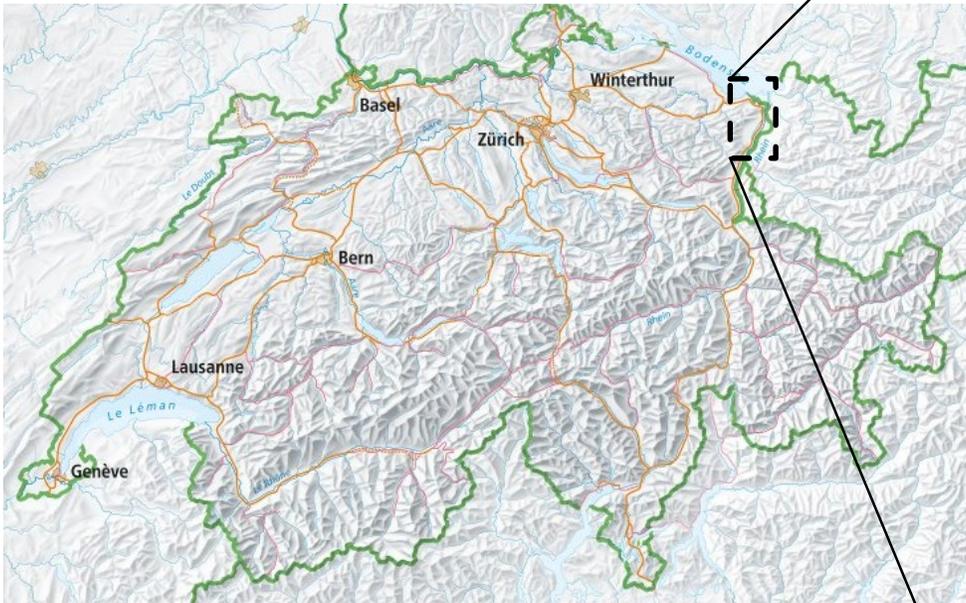
- Hydronumerisches 2D-Geschiebemodell
 - Aufbau numerisches Modell
 - Hydraulische Kalibrierung
 - Ausblick morphodynamische Simulation

Gabriel

Seline

Einleitung

Projektgebiet – Internationale Strecke des Alpenrheins (ca. 26 km)



Quelle: Bundesamt für Landestopografie

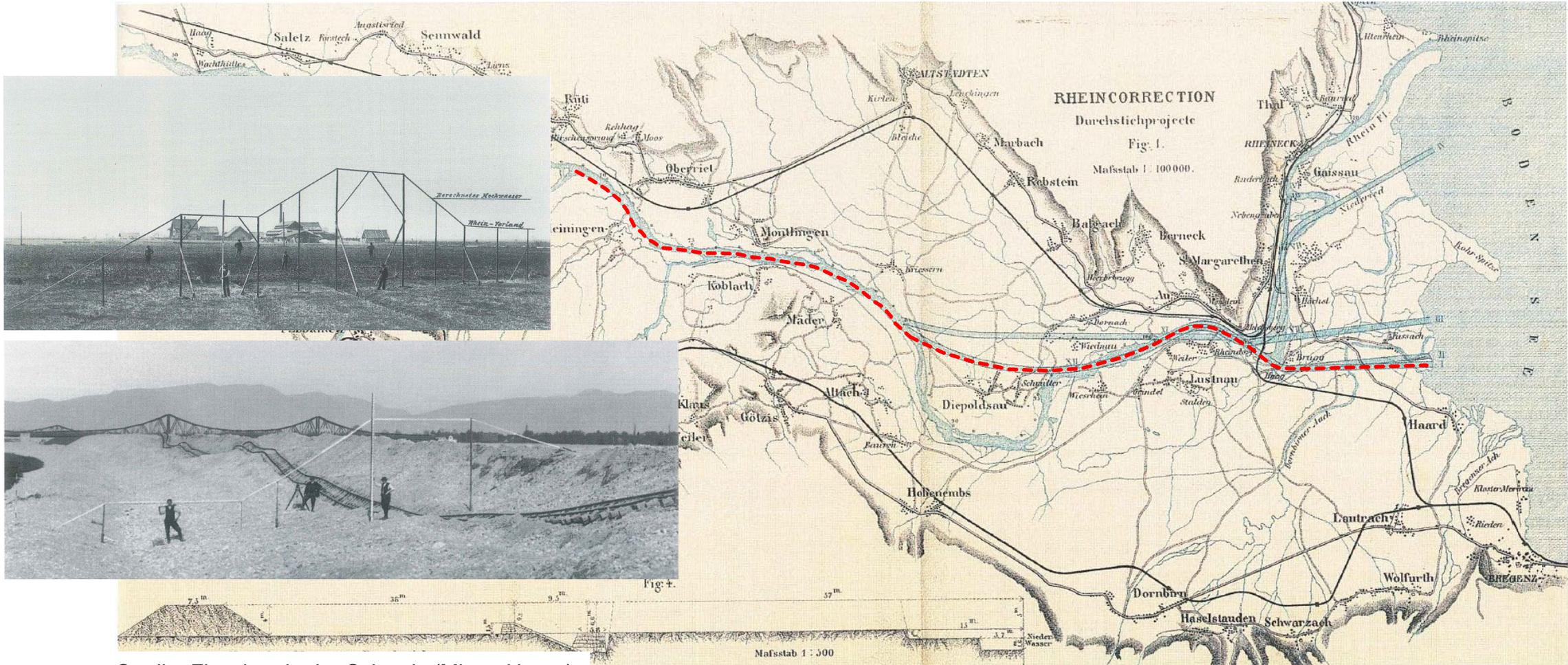


Quelle: Generelles Projekt Rhesi

Einleitung

Historie & Entwicklung des Rheintals

- Rheinregulierung 1892 - 1923

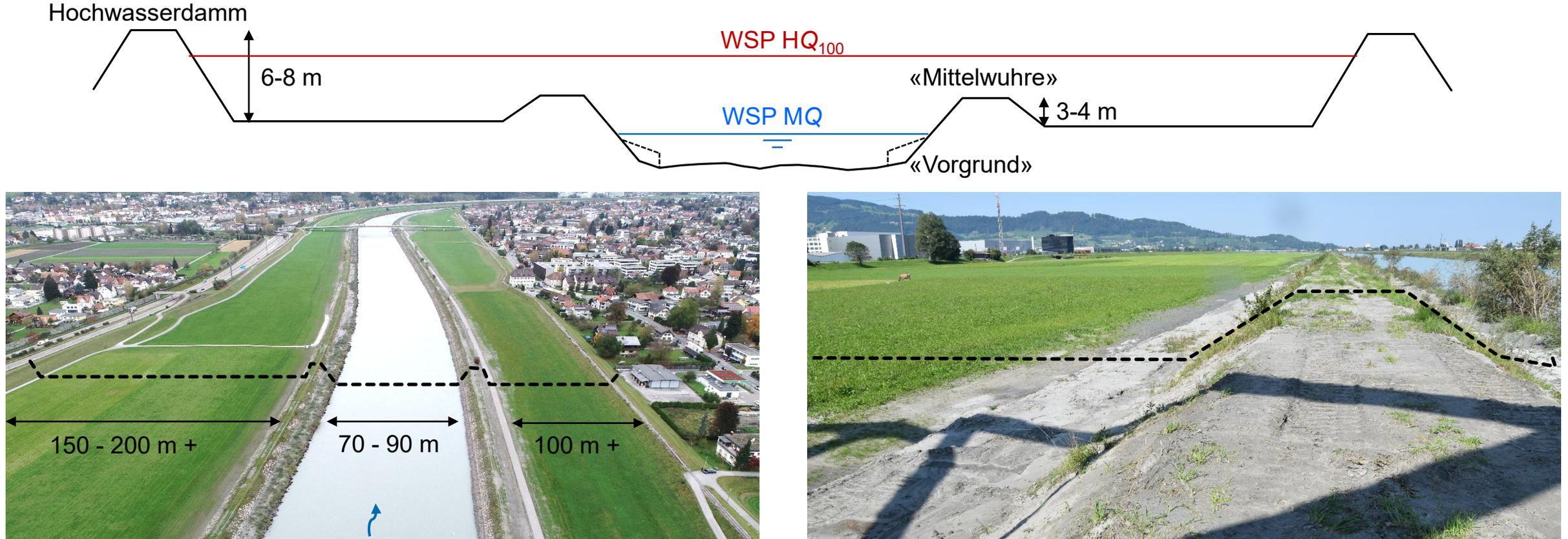


Quelle: Flussbau in der Schweiz (Minor, Hager)

Hochwasserschutzprojekt Rhesi

Aktueller Zustand Alpenrhein

- Charakteristisches Doppeltrapezprofil mit Wuhren

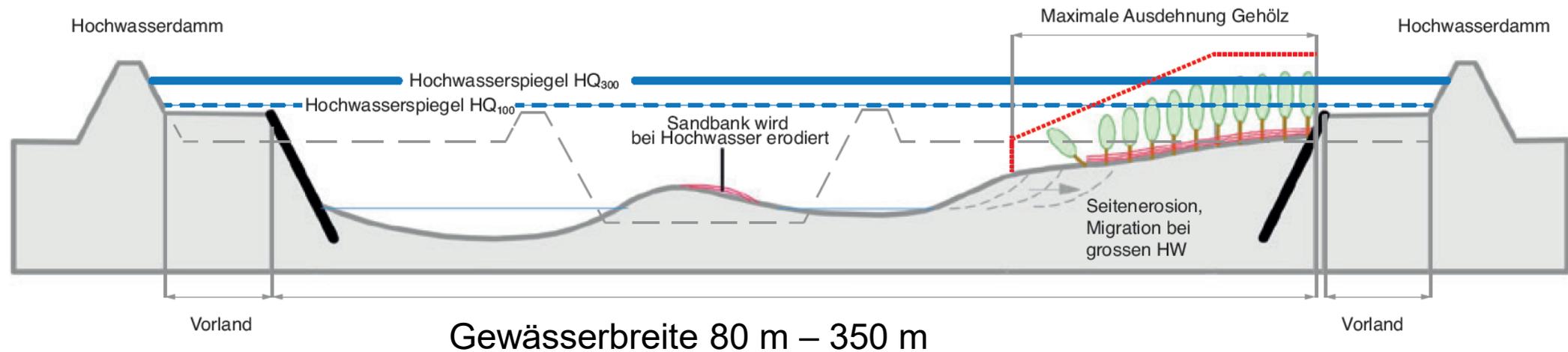


Hochwasserschutzprojekt Rhesi «Rhein, Erholung, Sicherheit»

Höheres Schutzziel durch Erhöhung der Abflussfläche

- Aktuell: $HQ_{100} = 3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ → Erhöhung auf mindestens $HQ_{300} = 4'300 \text{ m}^3/\text{s}$

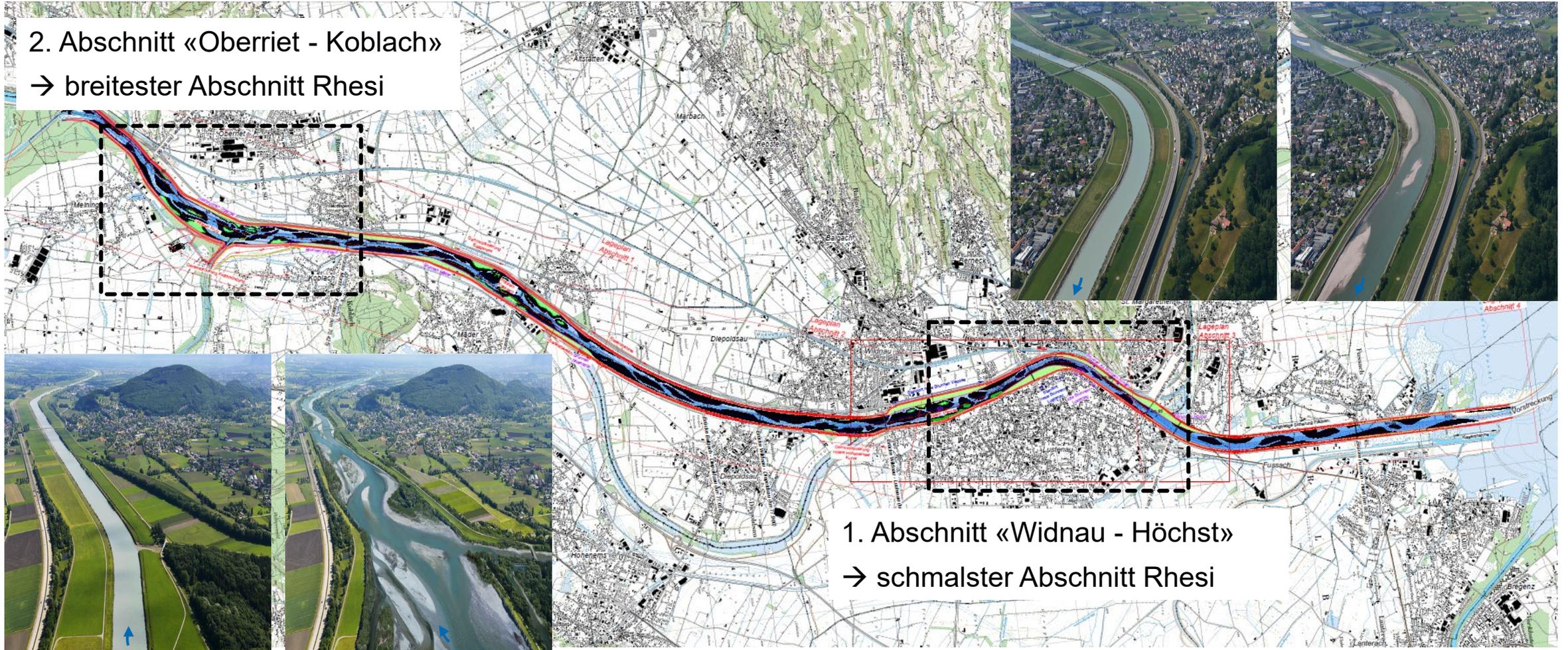
Querprofil Rhesi



Hybride Modellierung – Herausforderungen

Modellperimeter

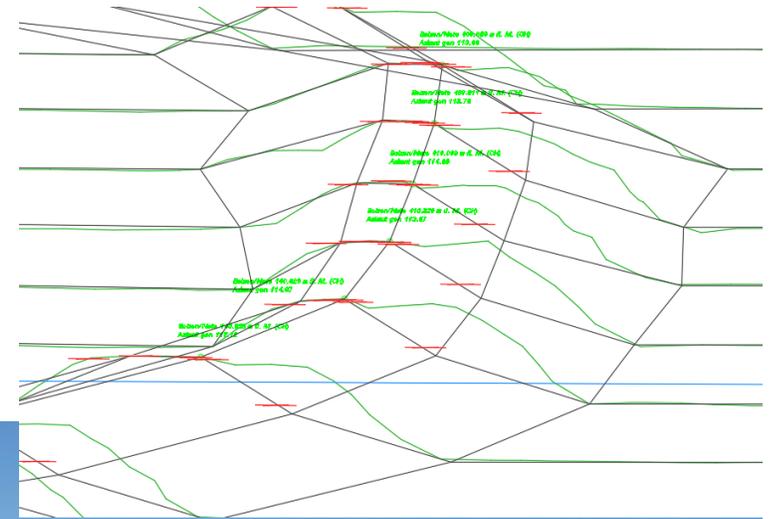
Hybride Modellierung



Herausforderung Modellierung

Aufbau Topografie

- Hoher Schwebstofftransport, 2-3 Mio. m³/Jahr
 - Abtrag auf Vorländern und im Mittelgerinne



Herausforderung Modellierung

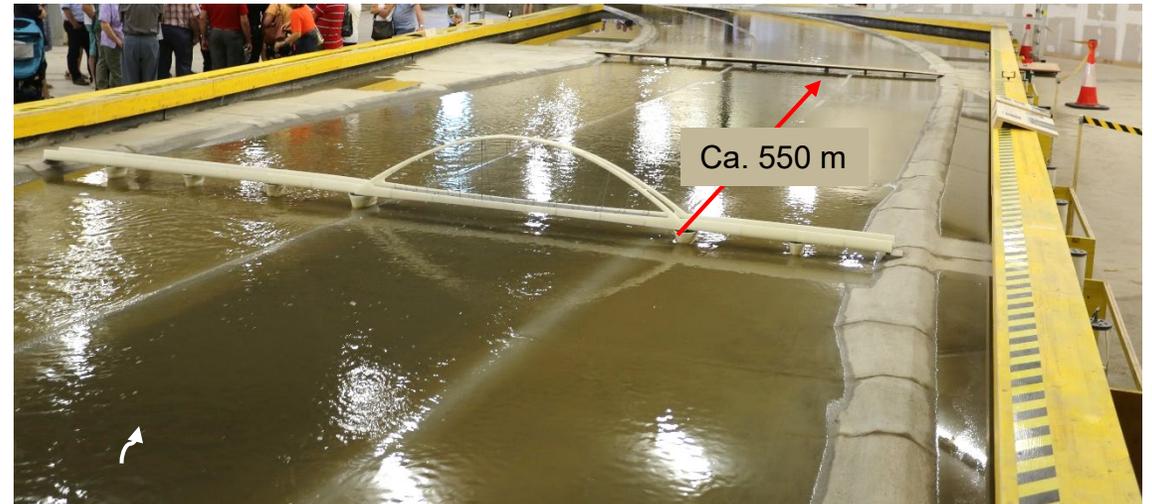
Kalibrierung Bestand

- PQ-Beziehungen

- Unterschiedliche Messverfahren je Messstation:

- Lustenau (AT):
Wasserspiegel- und Geschwindigkeitsmessung über gesamte Breite
- Diepoldsau (CH):
Wasserspiegelmessung innerhalb der Mittelwuhren

- Standortänderung der PQ-Messstation innerhalb Kalibrierzeitraum



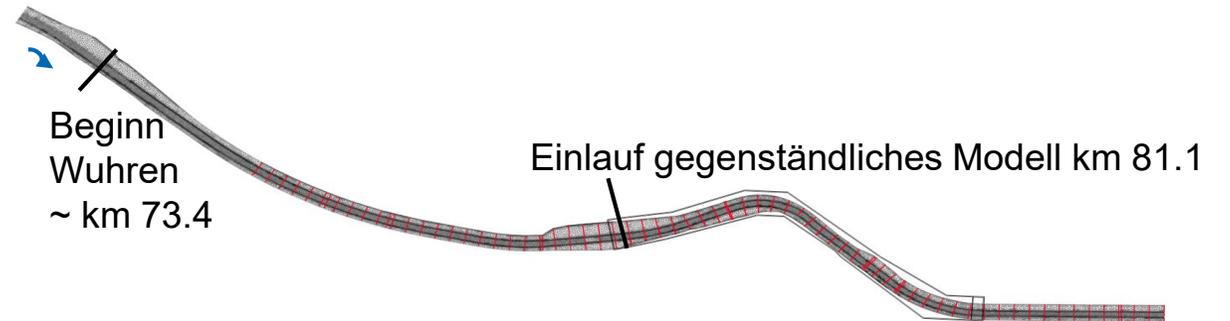
Herausforderung Modellierung

Kalibrierung Bestand

- Gegliederter Querschnitt
 - «bordvoll» innerhalb der Mittelwuhren



Hochwasser 11.06.2019, $Q_{\max} \sim 1'350 \text{ m}^3/\text{s}$



→ Numerik für obere & untere Randbedingung unerlässlich:
obere Randbedingung: Abflussaufteilung
untere Randbedingung: Wasserspiegel

Herausforderung Modellierung

Gegenständliches Modell - Projekt Rhesi



Bestand

Projekt



Hybride Modellierung – Numerisches Modell

Mesh

Bestand

Grundlagen	QP alle 200 m (2011) und DGM (2011)
Programme	AutoCAD 2020  QGIS 3.12  & BASEmesh 1.4.5 
Länge [km]	23.2 + 0.4 (Anlauf)
Mesh Elemente	96'000
Kleinste Zelle [m ²]	0.26
Grösste Zelle [m ²]	150

← Frutz

Mesh

	Bestand	Projekt
Grundlagen	QP alle 200 m (2011) und DGM (2011)	3D-Modell des Projektes
Programme	AutoCAD 2020  QGIS 3.12  & BASEmesh 1.4.5 	AutoCAD 2020  QGIS 3.12  & BASEmesh 2 
Länge [km]	23.2 + 0.4 (Anlauf)	23.2 + 0.4 (Anlauf)
Mesh Elemente	96'000	125'000
Kleinste Zelle [m ²]	0.26	1.2
Grösste Zelle [m ²]	150	150

Simulation



BASEMENT 3.0

2D Simulationen

Kalibrierung PQ-Beziehung

Kalibrierung Hochwasserspuren

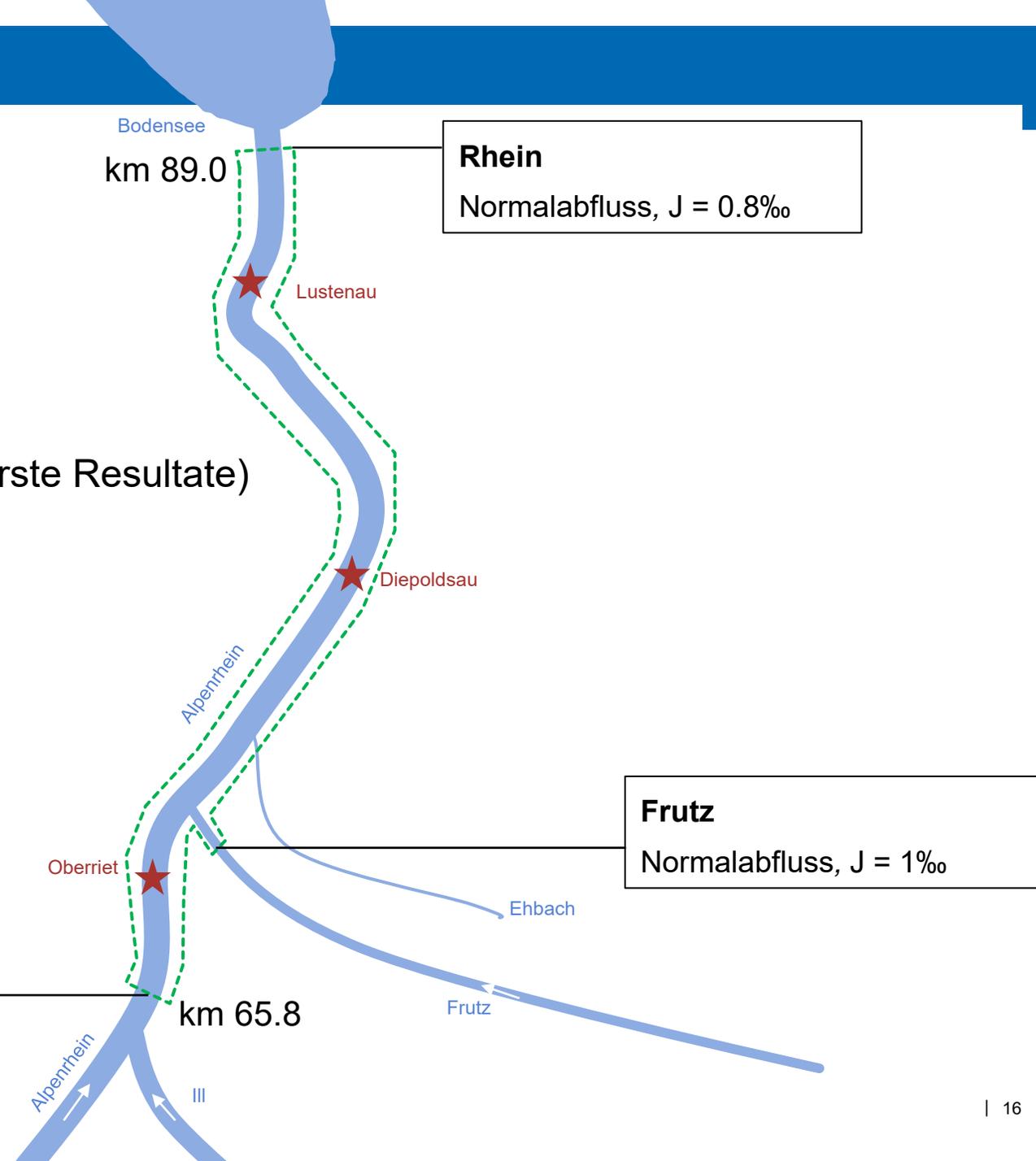
Morphodynamische Simulation (erste Resultate)

★ Abflussmessstation
 □ Modellperimeter

Rhein
 Normalabfluss, $J = 1\text{‰}$

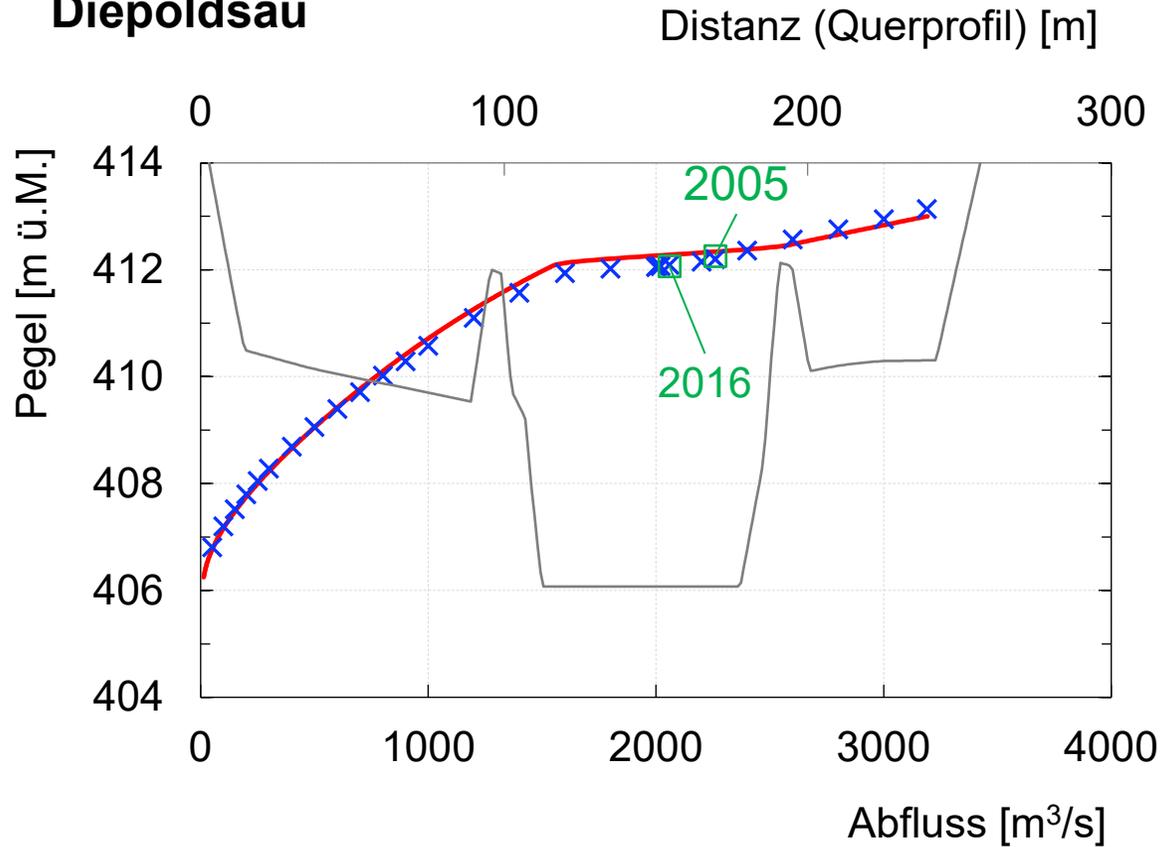
Rhein
 Normalabfluss, $J = 0.8\text{‰}$

Frutz
 Normalabfluss, $J = 1\text{‰}$

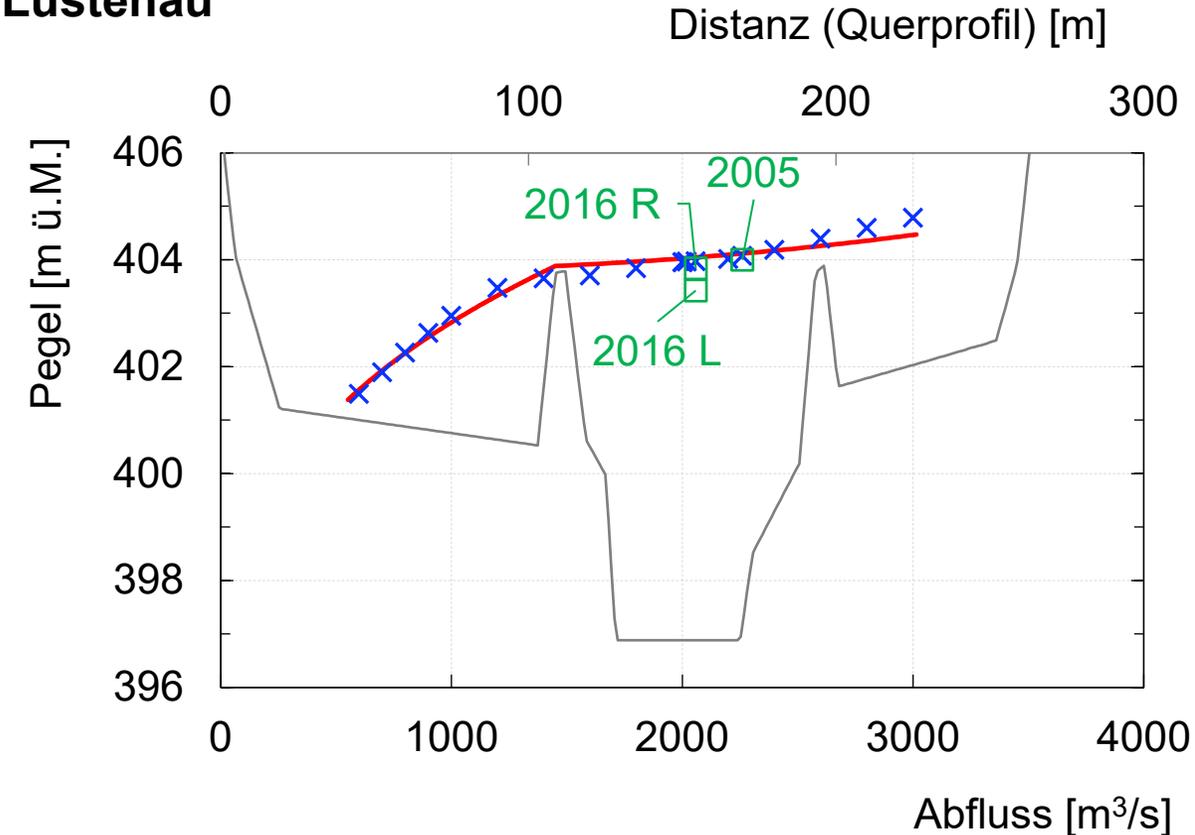


Kalibrierung PQ-Beziehung

Diepoldsau



Lustenau



- Pegel-Abfluss-Beziehung
- × Hydraulische Kalibrierung
- Hochwasserspür 2005 und 2016
- Querprofil

Kalibrierung – HW 2005

— simulierter WSP

⋯ simulierte Energiehöhe

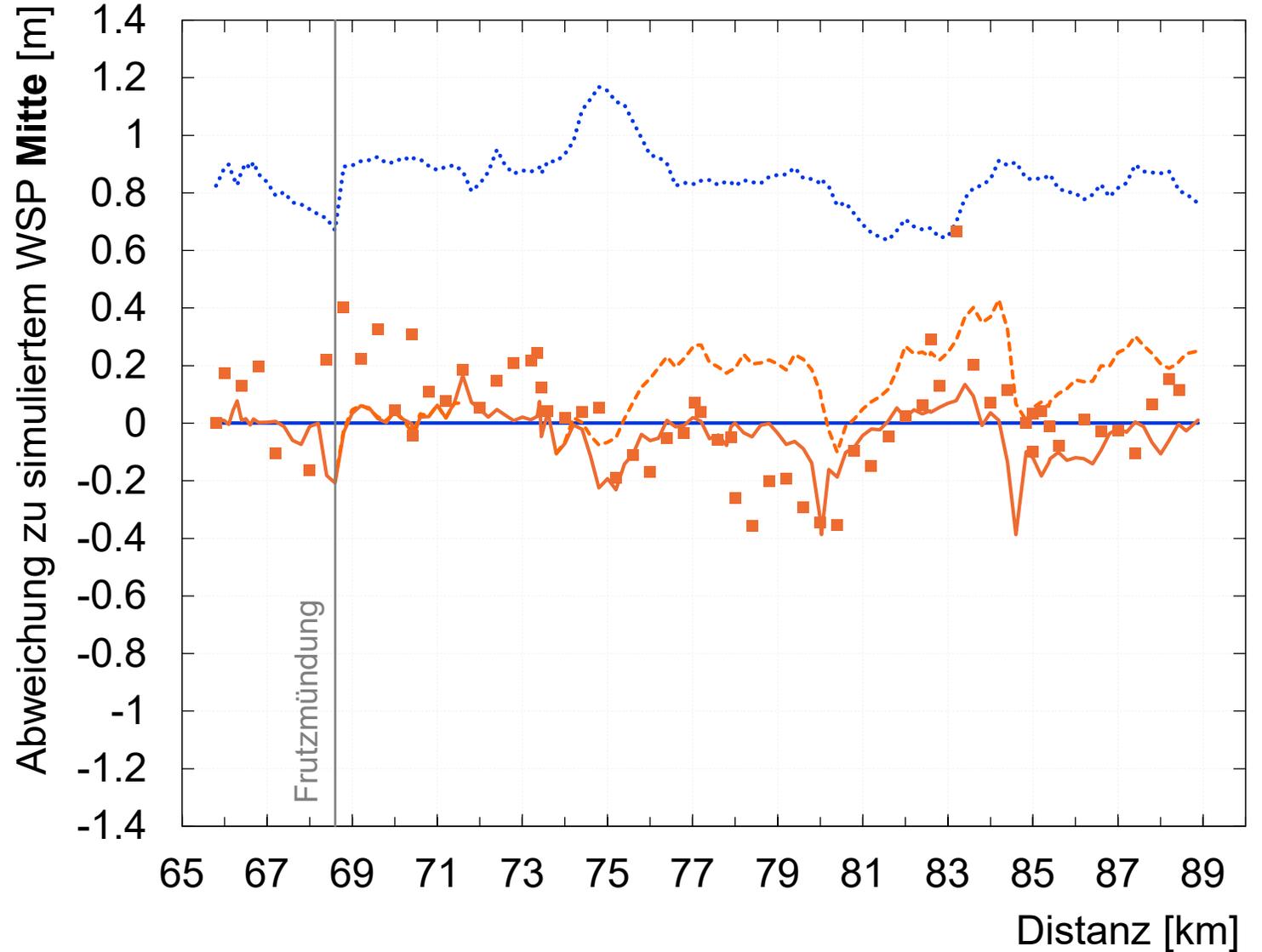
Mitte

— simulierter WSP

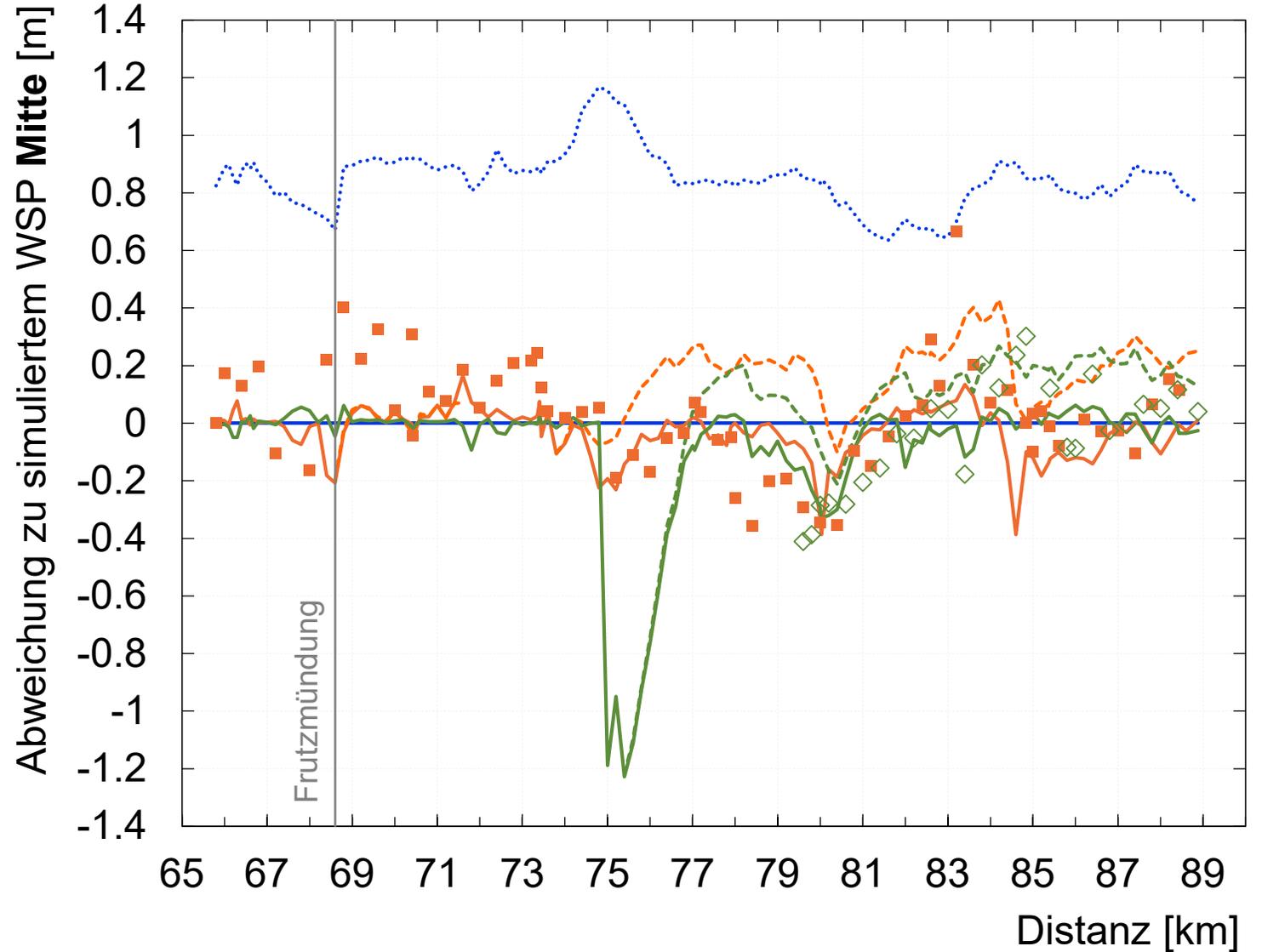
- - - simulierte Energiehöhe Vorland

■ HW-Spur

Links

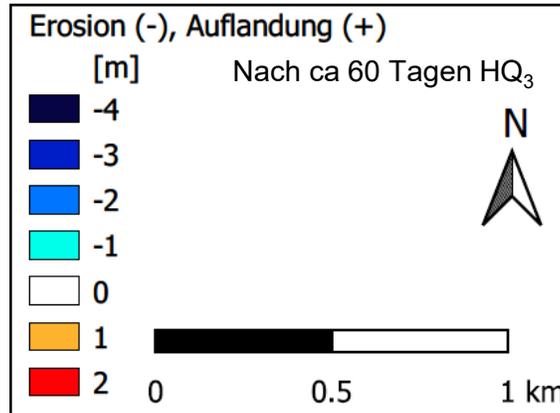
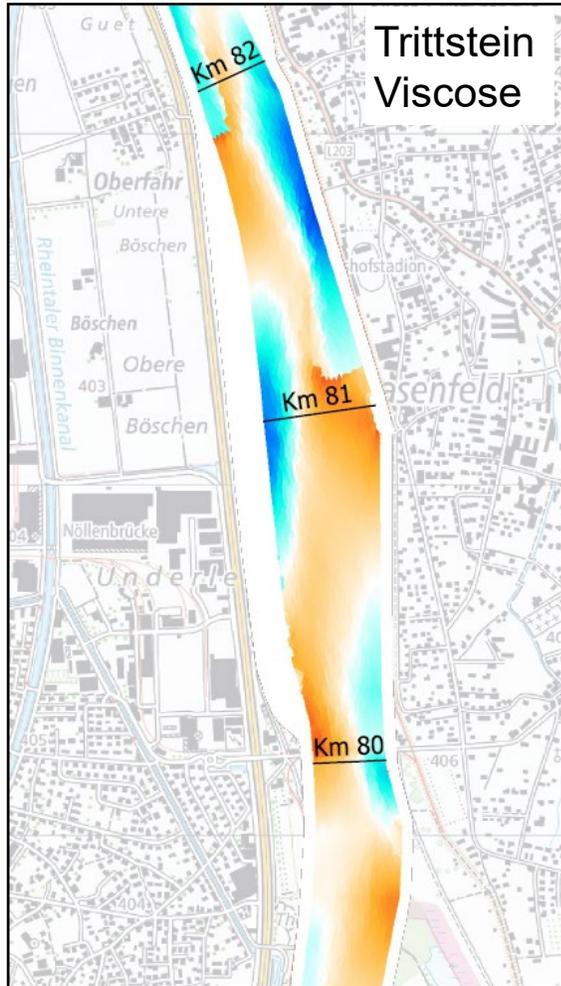


Kalibrierung – HW 2005

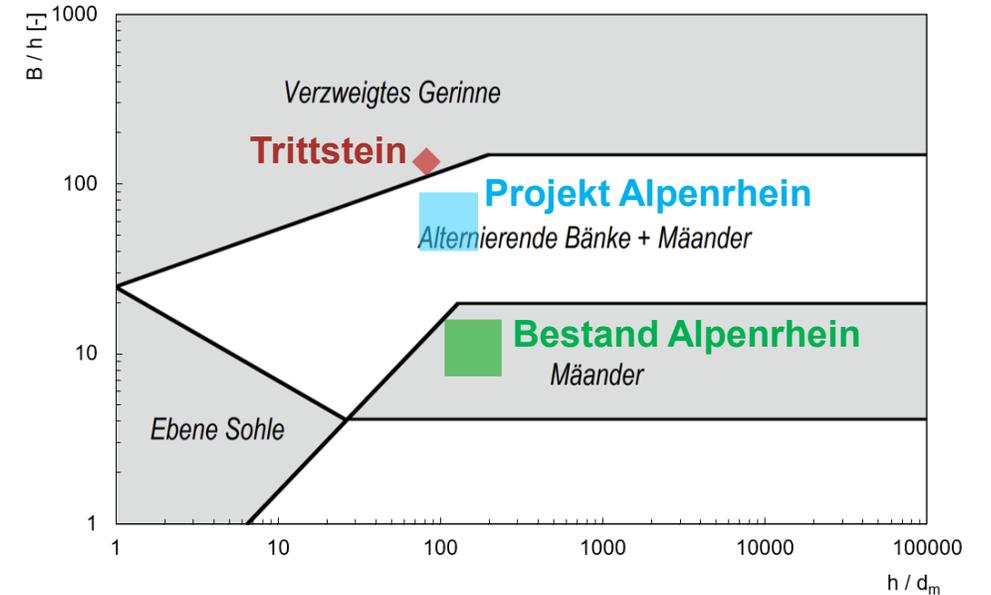


Morphodynamische Simulation Projektzustand

Erste Resultate - unkalibriert



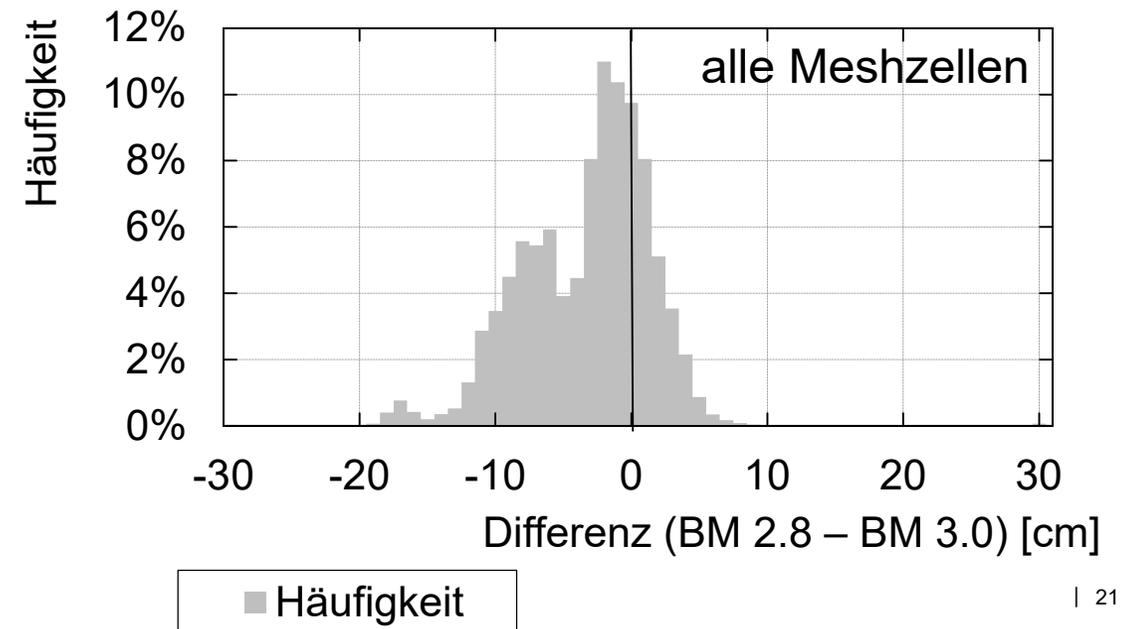
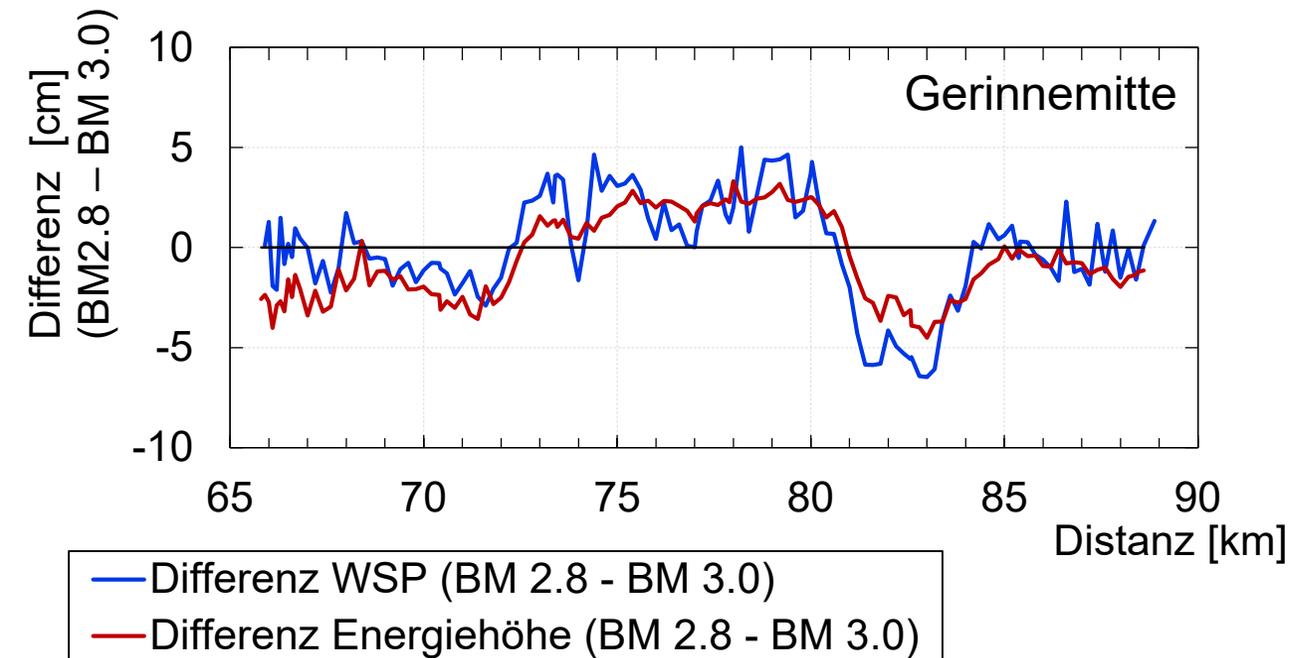
BASEMENT 3.0.2
GPU: GeForce RTX 2080 Ti
RTS: 50
Zeitschritt: 0.17 s



Wellenlänge $\Lambda = 1300$ m

Vergleich BM-Versionen HW 2005

	BM 2.8	BM 3.0.2
Rechenpower	CPU: 10 Kerne, Intel Xeon, 3.2 GHz	GPU: GeForce RTX 2080 Ti
RTS	1.0	73
Zeitschritt	0.045 s	0.068 s



Ausblick

- Gegenständliches Modell 1:50
 - 1. Abschnitt «Widnau - Höchst»: Versuche abgeschlossen
 - 2. Abschnitt «Oberriet - Koblach»: Versuche laufen April 2021 bis Sommer 2022
- Numerisches Modell
 - Hydrodynamische Simulation: kalibriert
 - Morphodynamische Simulation:
 - Reduzierung Berechnungsgitter auf Perimeter «Widnau - Höchst» für Parameterdefinition
 - Kalibrierung an Morphologie aus dem gegenständlichen Modell
 - Möglichkeit der Erweiterung der kalibrierten Modelle:
 - Verfeinerung der Böschungen mit Turbulenzmodell
 - Implementierung von Schwebstofftransport und Vegetation

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit.

