



Untere Salzach – flussmorphologische Konzeptionen



Wasserwirtschaftsamt
Traunstein



Michel Aufleger
Michael Hengl
Daniel Skublics
Michael Spanring

Inhalt

1. Situation

- Übersicht, Sohleintiefung und Geologie

2. Konzeption

- Studien, Geschiebehaushalt und Anpassung

3. 2d-Geschiebetransportmodellierung

- Veranlassung, Aufgabenstellung und akademisches Modell
- Kalibrierung, Validierung und Prognose

4. Umsetzung

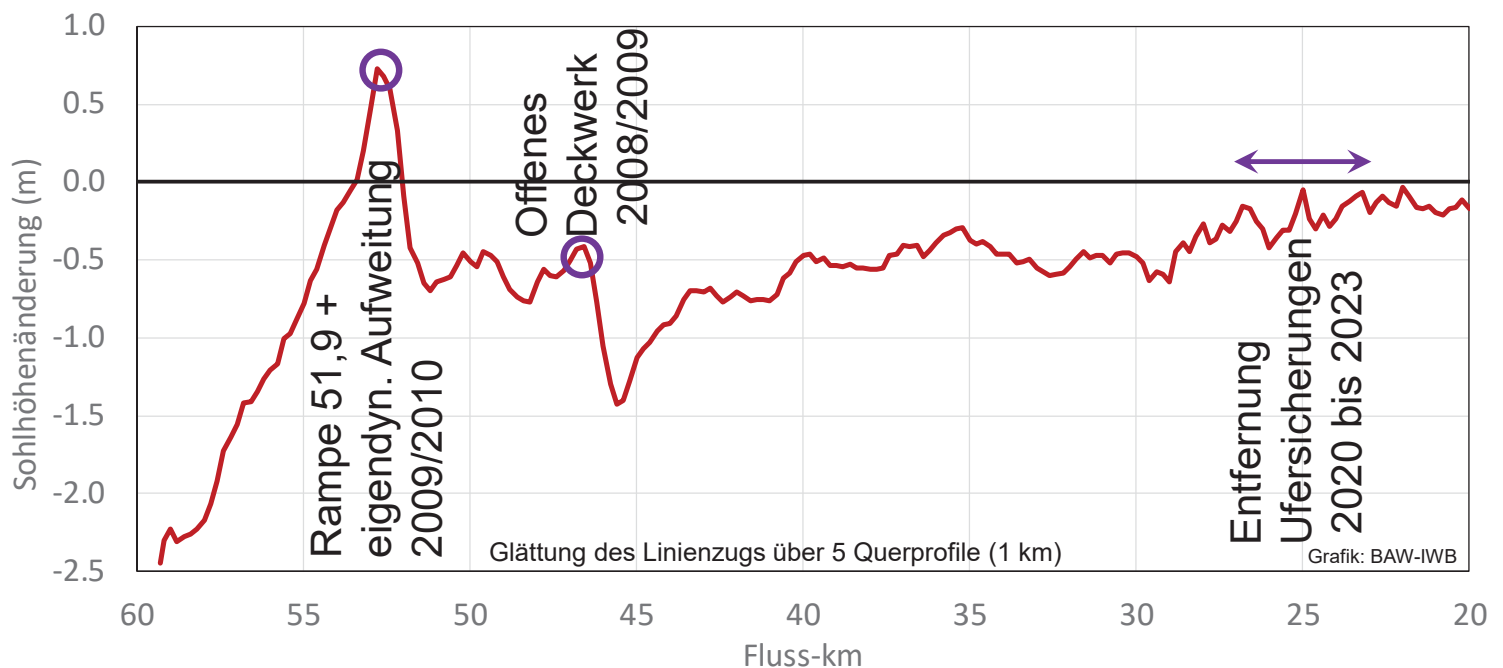
- Weiche Ufer Rampe 51,9, No-Regret Bereich 1+2 und 3

1. Situation - Übersicht

- Hydrologie (Pegel Laufen)
 - EZG: 6.100 km²; HQ₁₀₀: 3.100 m³/s
 - Seit 1977 HW>HQ₂₀
 - 2002 > HQ100
 - 2010 ca. HQ30
 - 2013 > HQ100
 - 2021 ca. HQ20
- Jahrzehntelange Sohleintiefung
 - Eingeschränkter Geschiebeeintrag
 - Begradigt und eingengt
- Geologie
 - In den Beckenlandschaften
erosionsempfindlicher Untergrund



1. Situation – Sohleintiefung 1977 - 2023



1. Situation - Geologie

- Feinkörniges Material im Untergrund
 - große Kolke, lokale Sohldurchschläge
 - Schlagartige Eintiefung über längere Abschnitte (Sohldurchschlag)
 - Sukzessiver Austausch von Seeton durch Kies
- Kies- und Sandhorizonte im Vorland
 - Höhenverhältnisse je nach fortschreiten der Eintiefung sehr unterschiedlich
 - Beeinflussung der eigendynamischen Entwicklung von Flussaufweitungen



Grafik: BAW-IWB



Foto: BAW-IWB

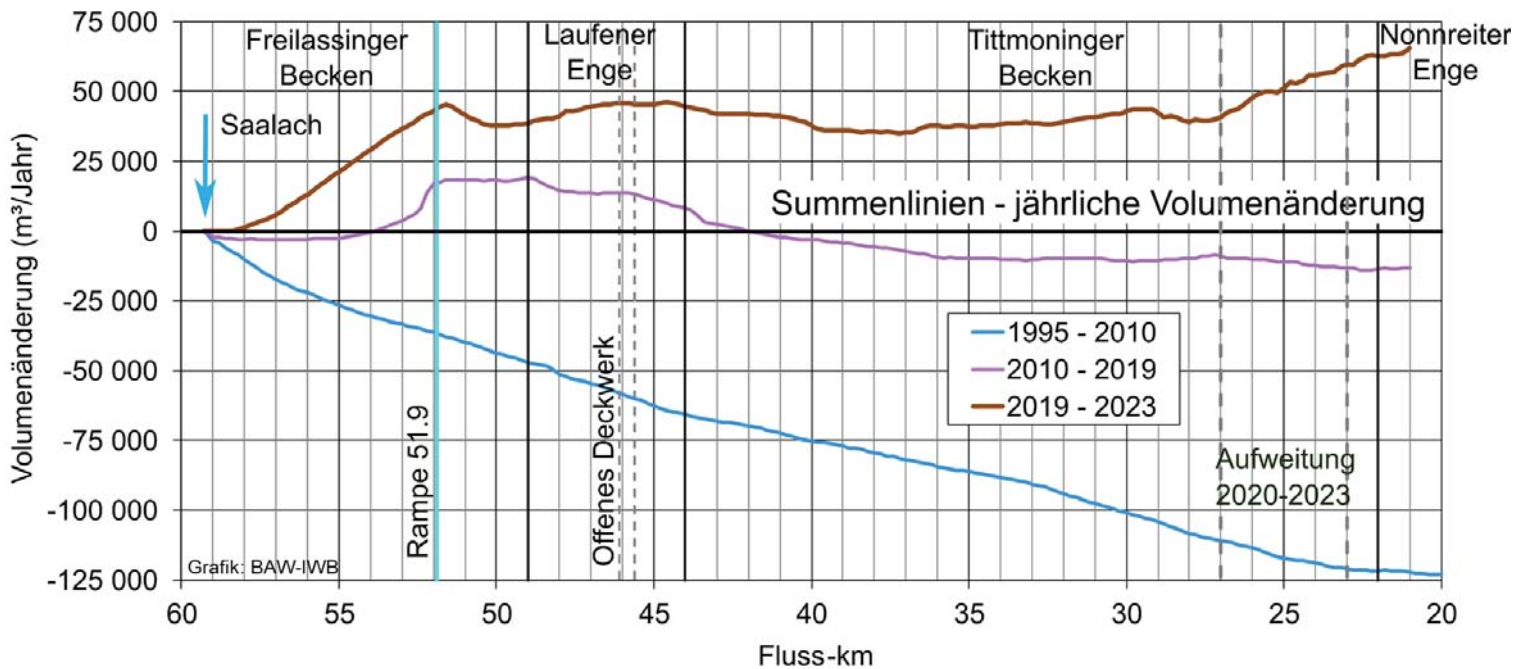
2. Konzeption - Studien

- WRS (1990-2000)
- Variantenuntersuchung
- Generelles Projekt
- GTM Uni Stuttgart (2013-2016)
- Naturflussvariante (2015)
- Machbarkeitsstudie Option B (2018)
- Studie Salzach natürlich (2020)
- Geschiebefrachtanalyse Salzach (2022)
- Untersuchungen zur Geschiebemorologie der Salzach im Tittmoninger Becken (2022)
- Renaturierung Salzach und Antheringer Au (Projekt eingereicht)



**Wasserwirtschaftliche
Rahmenuntersuchung Salzach**

2. Konzeption - Geschiebehaushalt



2. Konzeption - Anpassungen

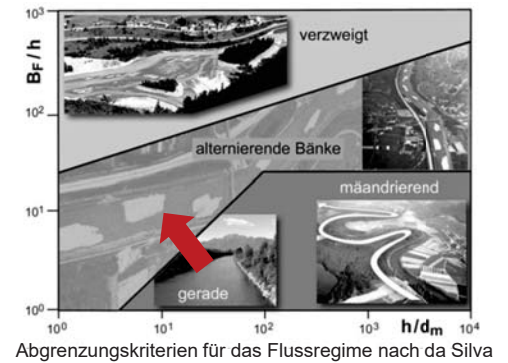
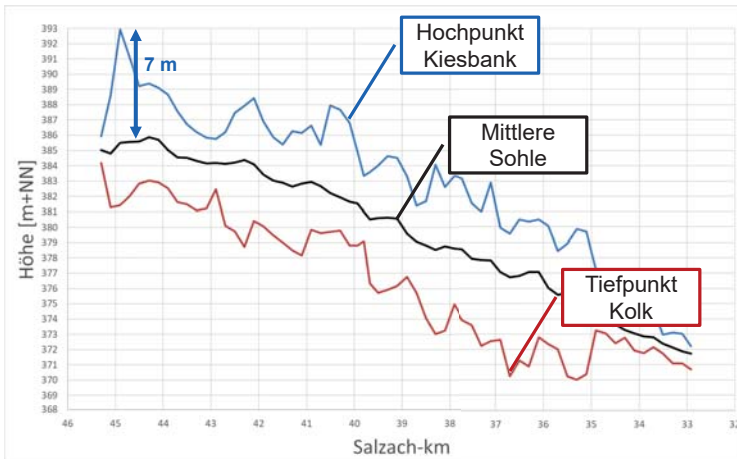
- WRS – Randbedingungen (R) Zielsetzungen (Z) Maßnahmen (M)
 - (R) niedriger Geschiebeeintrag; Sohllage 1995
 - (Z) Sohlhebung und Kiesüberdeckung; Anhebung des Grundwasserstandes und Anbindung der Aue
 - (M) Baukastensystem aus Rampen + Aufweitung + Auenvernetzung (Nutzung des Geschiebes aus eigendynamischen Aufweitungen)
 - Vorgehensweise: Umsetzung in Teilschritten (Adaption auf Basis Erfahrungen)

- Jüngere Planungen und Umsetzung
 - (R) höherer Geschiebeeintrag; Gefälle durch fortschreitende Sohleintiefung verändert; Maßnahmen umgesetzt.
 - (Z) Sohlstabilität; Gewässerökologie (WRRL)
 - (M) Aufweitungen zur Sohlstützung (eigendynamisch und unterstützt durch flussbauliche Maßnahmen)
 - Vorgehensweise: Maßnahme → Monitoring → Maßnahme

3. Geschiebetransportmodellierung

Veranlassung

- Untersuchung verschiedener Sanierungsvarianten im 2d-GTM (2017 - 2019)
 - Kalibrierung für den Istzustand der Salzach mit ca. 100 m Sohlbreite
 - 1. Versuch für Prognoseberechnungen Sohlbreite bis 180 m: absolut unrealistische Höhen der Kiesbänke und Tiefen der Kolke



3. Geschiebetransportmodellierung

Veranlassung

- Untersuchung verschiedener Sanierungsvarianten im 2d-GTM (2017 - 2019)
 - Kalibrierung für den Istzustand der Salzach mit ca. 100 m Sohlbreite
 - 1. Versuch für Prognoseberechnungen Sohlbreite bis 180 m: absolut unrealistische Höhen der Kiesbänke und Tiefen der Kolke
 - Können die zu erwartenden Sohlformen im Falle einer Aufweitung realitätsnah modelliert werden?
- Weiterführende Untersuchungen seit 2021

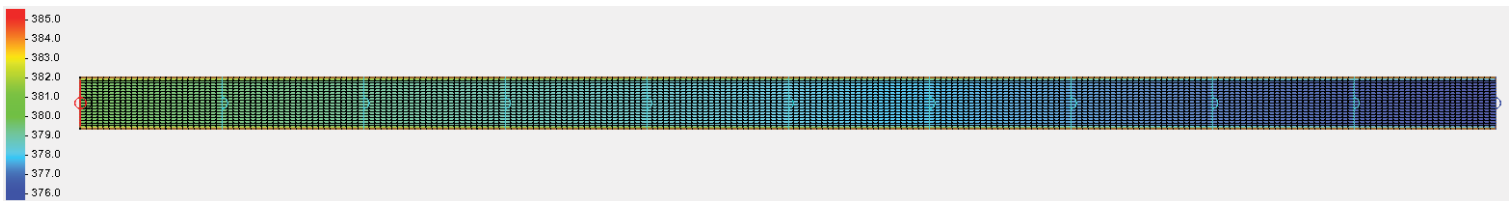
Aufgabenstellung

- Untersuchung des Einflusses der Modellierung des Quergefälles anhand eines akademischen Modells
- Kalibrierung und Validierung des 2d-GTM
- Untersuchung von Prognose-Szenarien

3. Geschiebetransportmodellierung

Akademisches Modell

- Software: HydroAS_GS
- Modellerstellung
 - Trapezprofil
 - Sohlbreite: 160 m
 - Böschungsbreite: je 10 m
 - Länge: 5000 m
 - Sohlgefälle: 0,8 ‰
 - Elementgröße: 10 x 20 m
 - Abfluss: HQ1 = 1130 m³/s (365 d stationär)

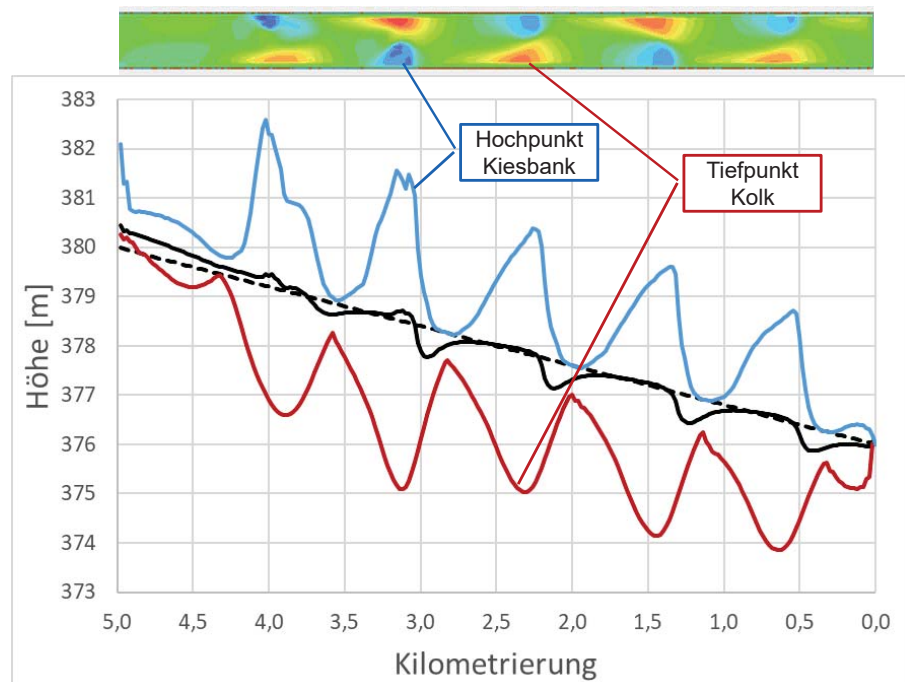


3. Geschiebetransportmodellierung

Akademisches Modell

- Untersuchte Fragestellung: Parametereinstellung für stabiles Ausgleichsgefälle und Kolkiefen / Bankhöhen nach Zarn (1997)

		nach Zarn (1997)	2d-GTM
$t_{\text{Kolk,mittel}}$	[m]	-1.77 bis -1.52	-1.70
$t_{\text{Bank,mittel}}$	[m]	1.08 bis 1.33	1.24



3. Geschiebetransportmodellierung

Akademisches Modell

- Einfluss auf Kolkiefen / Bankhöhen:
 - Rauheitsermittlung nach Yalin (2001)
 - Berücksichtigung der Schubspannungsschwankungen und des Loading Laws
 - **Berücksichtigung des Quergefälles**

- Einfluss auf Transportkapazität:
 - kritischer Shields-Parameter θ_{cr}
 - Skalierung Stofftransportrate k_F

- Schlussfolgerung:
 - Flussregime der alternierenden Bänke kann für die aufgeweitete Salzach im 2d-GTM abgebildet werden.

Rauheitsermittlung: θ_{cr} & k_{st}	Yalin & Yalin
Koeffizient zur Bestimmung der Rauheit nach Yalin f_{ks}	4
k_{st}	Bestimmung für jeden Netzknoten
$k_{st,r}$	Bestimmung für jeden Netzknoten
Schubspannungsschwankungen	EIN
Loading Law: α_L	8000
Loading Law: L_{50}	30
krit. Shields-Parameter θ_{cr}	0.03
Skalierung Stofftransportrate k_F	0.75
Koeffizient Quergefälle CF	0.85 (nach Talmon)

3. Geschiebetransportmodellierung

Kalibrierung 2d-GTM

- Modellgebiet
 - Laufener Enge - Mündung Inn

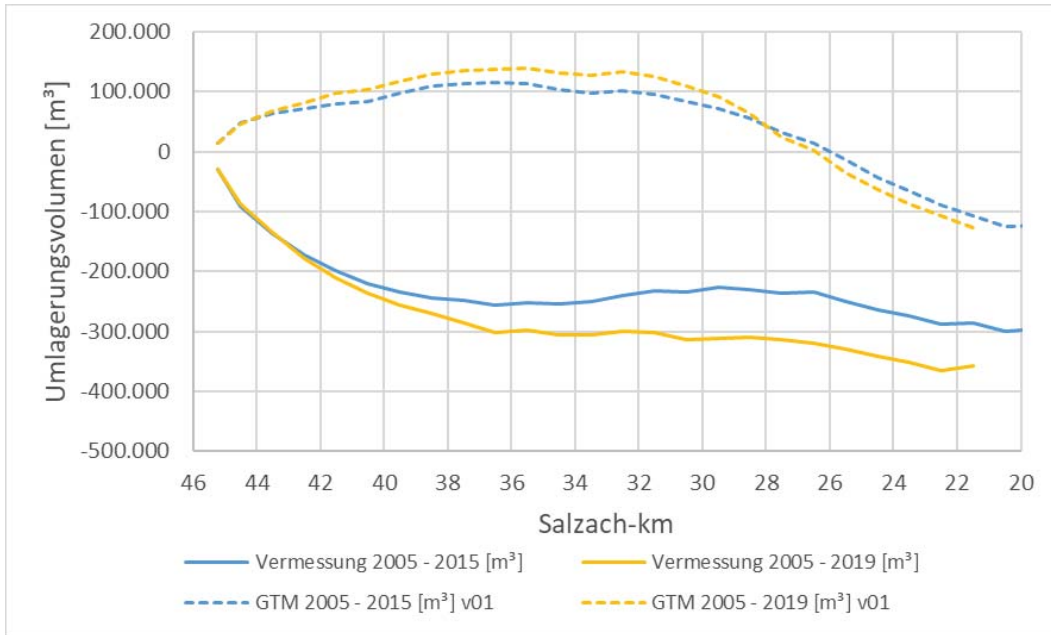
- Kalibrierungszeitraum
 - 2005 - 2019
 - Zwischenergebnis 2015

- Geschiebeeintrag
 - 2005 - 2013: 82.000 m³/a
 - 2014 - 2019: 47.500 m³/a



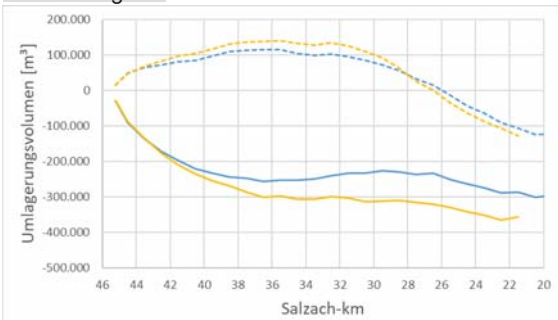
3. Geschiebetransportmodellierung

Kalibrierung 01

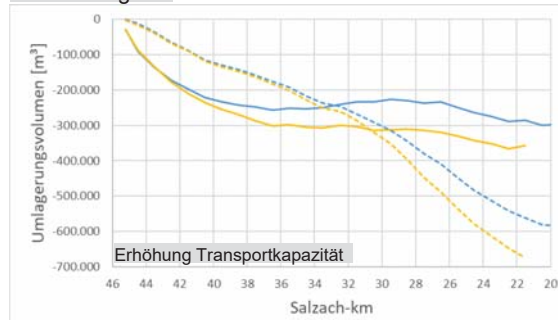


3. Geschiebetransportmodellierung

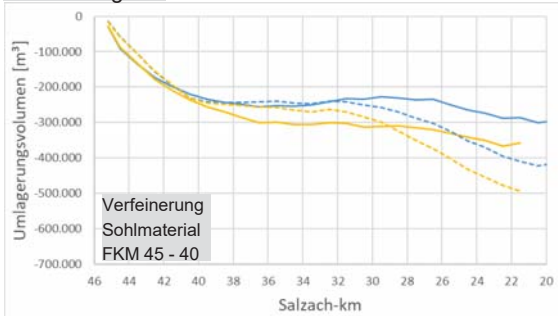
Kalibrierung 01



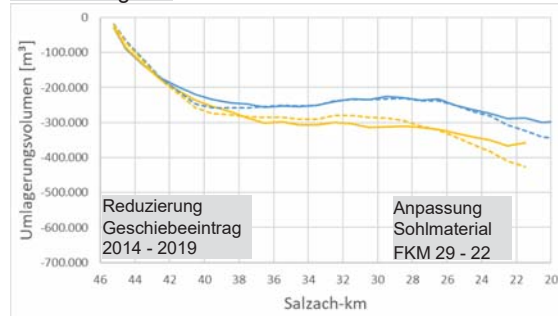
Kalibrierung 03



Kalibrierung 10



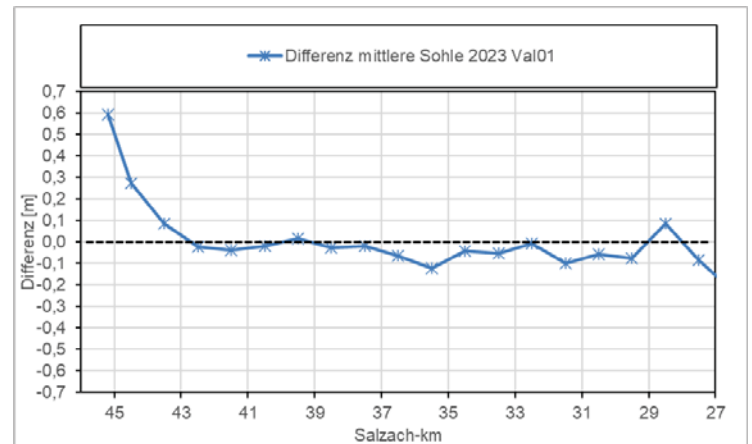
Kalibrierung 12



3. Geschiebetransportmodellierung

Validierung 2d-GTM

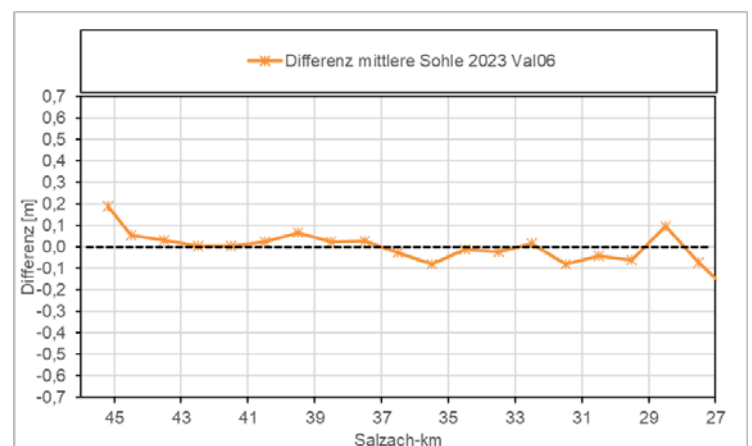
- Validierungszeitraum
 - 2019 – 2023
- Geschiebeeintrag
 - 71.500 m³/a
- Schlussfolgerungen
 - Sehr gute Übereinstimmung der berechneten Sohlage mit der Vermessung der Sohle 2023 im Abschnitt FKM 44 bis FKM 36, aber deutliche Anlandung am Modellbeginn.



3. Geschiebetransportmodellierung

Validierung 2d-GTM

- Optimierung des Ergebnisses durch Anpassung der Fraktionierung des Geschiebeeintrags
 - dm: 19,5 mm → 12,5 mm
- Schlussfolgerungen
 - Die Menge und die Fraktionierung des Geschiebeeintrags haben signifikanten Einfluss auf das Berechnungsergebnis am Modellbeginn.
 - Die Ergebnisse der Validierung bestätigen die Kalibrierung des 2d-GTM



3. Geschiebetransportmodellierung

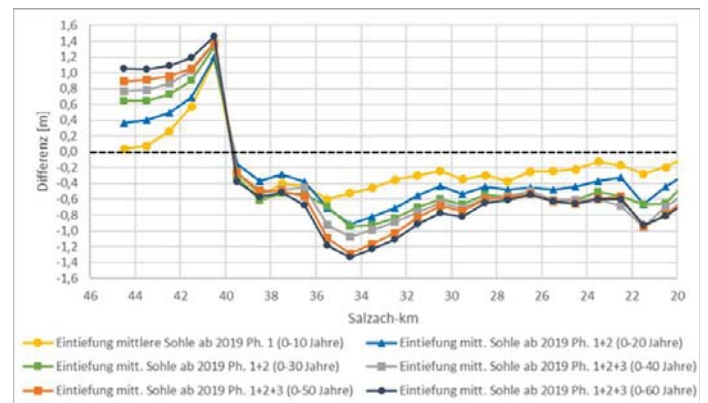
Prognoseberechnungen

- Szenario 1: Querbauwerk bei FKM 40
 Aufweitung FKM 40 - 35
- Szenario 0: Keine sohlstabilisierenden Maßnahmen
- Szenario 3: Aufweitung FKM 45 - 35

3. Geschiebetransportmodellierung

Szenario 1 – Querbauwerk

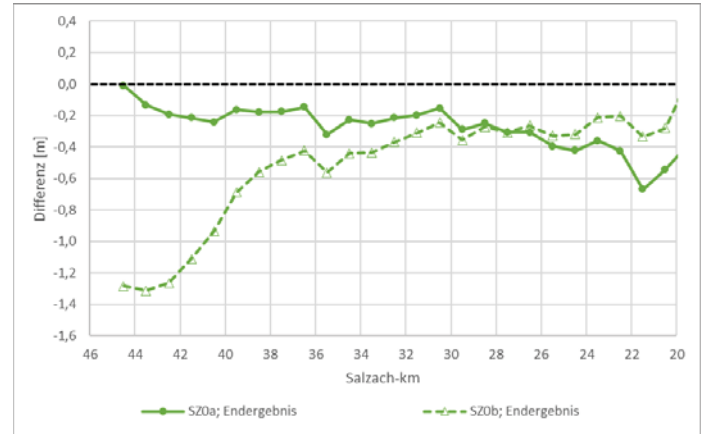
- Querbauwerk FKM 40
- Aufweitung FKM 45 - 35
- Schlussfolgerungen
 - Erwartungsgemäß deutliche Anlandung oberstrom FKM 40
 - Geschiebedefizit bedingt Eintiefung unterstrom des Querbauwerkes
 - Geschiebe aus Aufweitung kann Defizit nicht ausgleichen



3. Geschiebetransportmodellierung

Szenario 0 - keine Maßnahmen

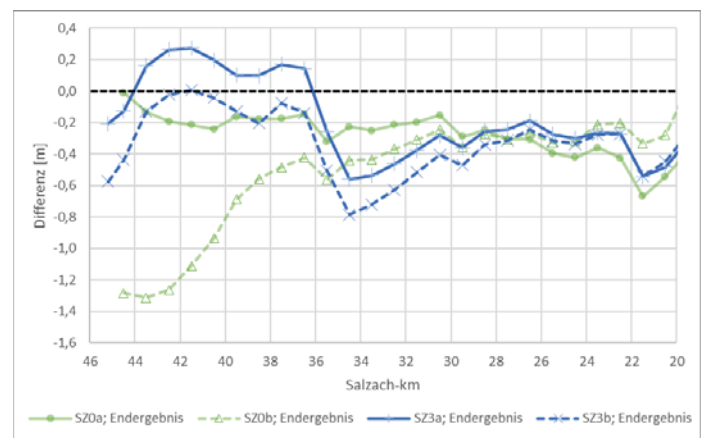
- Keine sohlstabilisierenden Maßnahmen in Form von Ausweitung oder Querbauwerk
- Unsicherheiten aus den Eingangsdaten werden über eine Ergebnis-Bandbreite berücksichtigt
- Schlussfolgerung
 - Es wird mit einer Sohlintiefung gerechnet, die zwischen den beiden Szenarien liegt.



3. Geschiebetransportmodellierung

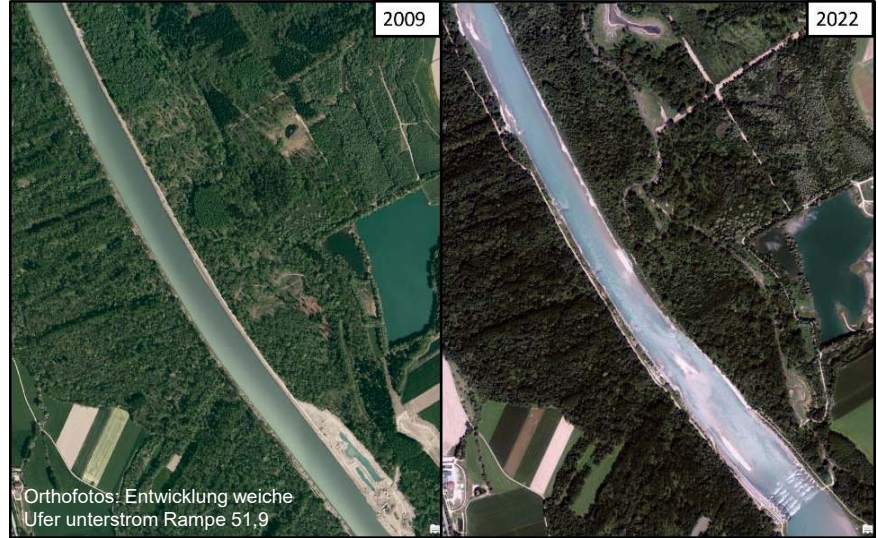
Szenario 3 - eigendynamische Aufweitung

- Aufweitung FKM 45 - 35
 - Auf bis zu 150 m Sohlbreite
- Unsicherheiten aus den Eingangsdaten werden über eine Ergebnis-Bandbreite berücksichtigt
- Schlussfolgerung
 - Oberstrom FKM 35 signifikante sohlstabilisierende Wirkung der Aufweitung gegenüber Szenario 0
 - Unsicherheit hinsichtlich eigendynamischer Aufweitung (Annahme im 2d-GTM)



4. Umsetzung

- Weiche Ufer unterstrom Rampe 51,9 (2010; 2,5 km beidseitig)
- eigendynamische Aufweitung:
 - im Mittel ca. 14 m
 - ca. 80.000 m³ Kieseintrag



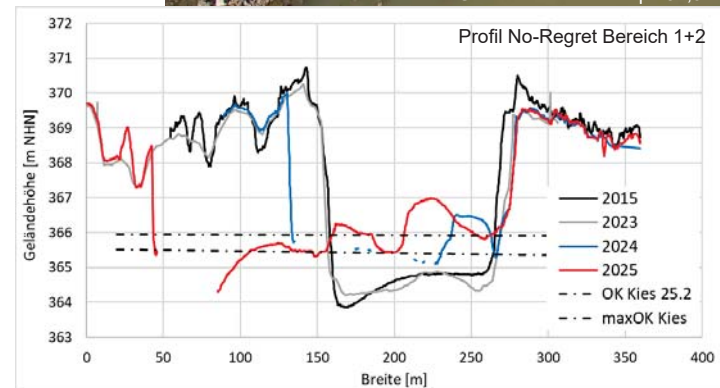
4. Umsetzung

- No-Regret Bereich 1+2 (2021-2023; 3 km beidseitig)
- eigendynamische Aufweitung (bis 2025):
 - im Mittel um 50 m
 - Kieseintrag ca. 260.000 m³



4. Umsetzung

- Weiche Ufer Rampe 51,9
 - Eigendynamische Entwicklung gering
 - Rückstau Laufener Enge
 - Verbau des Ufers linksseitig 2016
 - Alte Ufersicherung
 - Hoher Kieshorizont
- No-Regret Bereich 1+2
 - Eigendynamische Entwicklung stark
 - Geringere Geschiebedefizit
 - Bisher Entwicklung nicht begrenzt
 - Kieshorizont niedrig
 - Morphologische Strukturen in der Sohle



4. Umsetzung

- No-Regret Bereich 3 (2024-2026; 3 km einseitig)
 - Hoher Kieshorizont, wenig morphologische Strukturen
 - Lokale Tertiäraufschlüsse in Sohle und Ufer





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Drohnenaufnahme: Salzach No-Regret Bereich 1+2

Geschiebe in Fließgewässern | 3. Februar 2026 | Innsbruck

27