



3. INTERALPINE ENERGIE- & UMWELTTAGE

Christoph Hauer

Leiter: Christian Doppler Labor für Sedimentforschung und -management

27.02.2020

GKI - GEMEINSCHAFTSKRAFTWERK INNKRAFTHAUS PRUTZ/RIED

CD-Labor

„Sedimentforschung und -management“



Modul 1 (Verein für Ökologie und Umweltforschung)



Verbund



kelag



österreichs energie.

SALZBURG AG

EVN Ennskraft
Kraft der Natur

ENERGIEAG
Oberösterreich

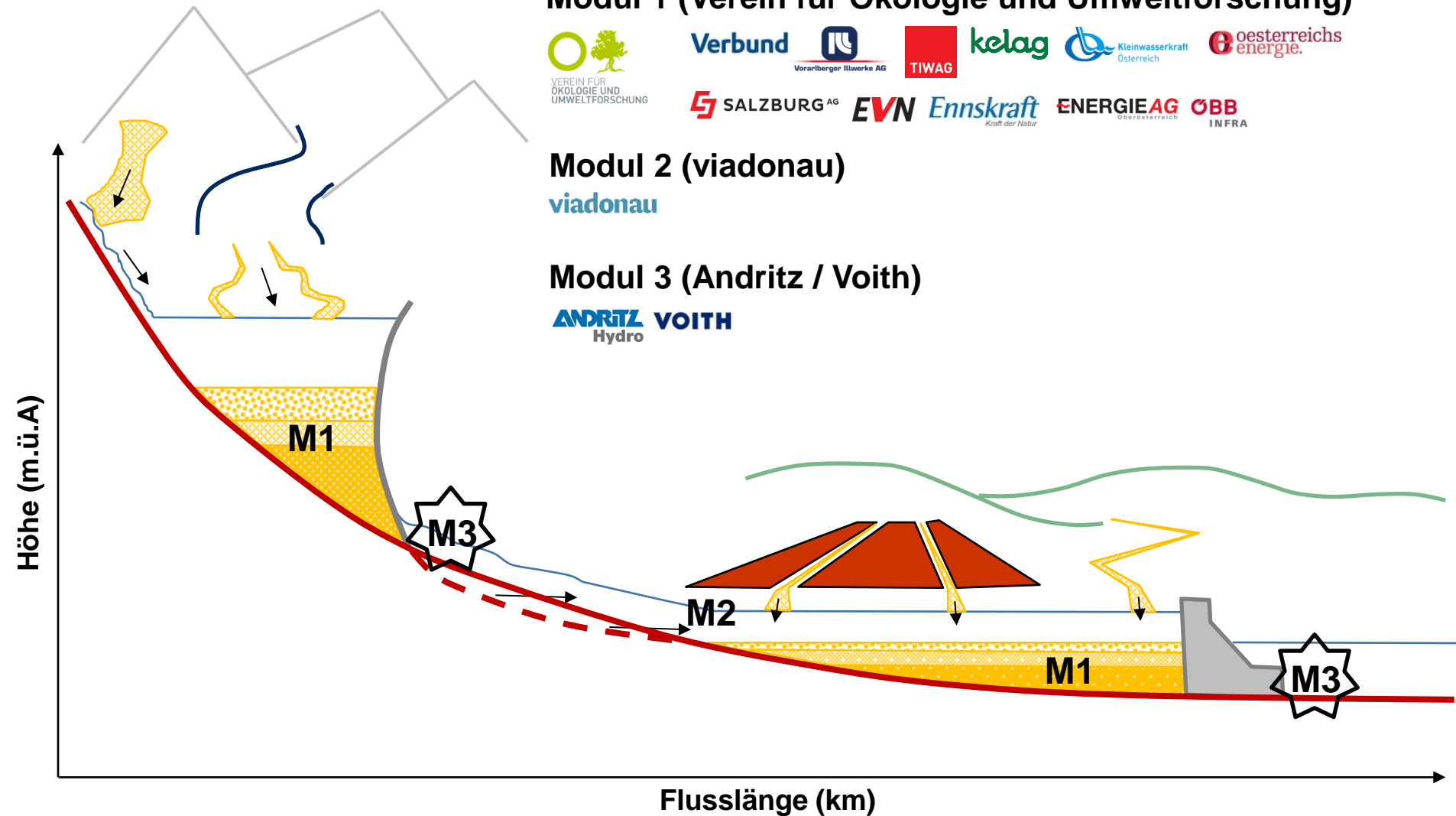
ÖBB
INFRA

Modul 2 (viadonau)

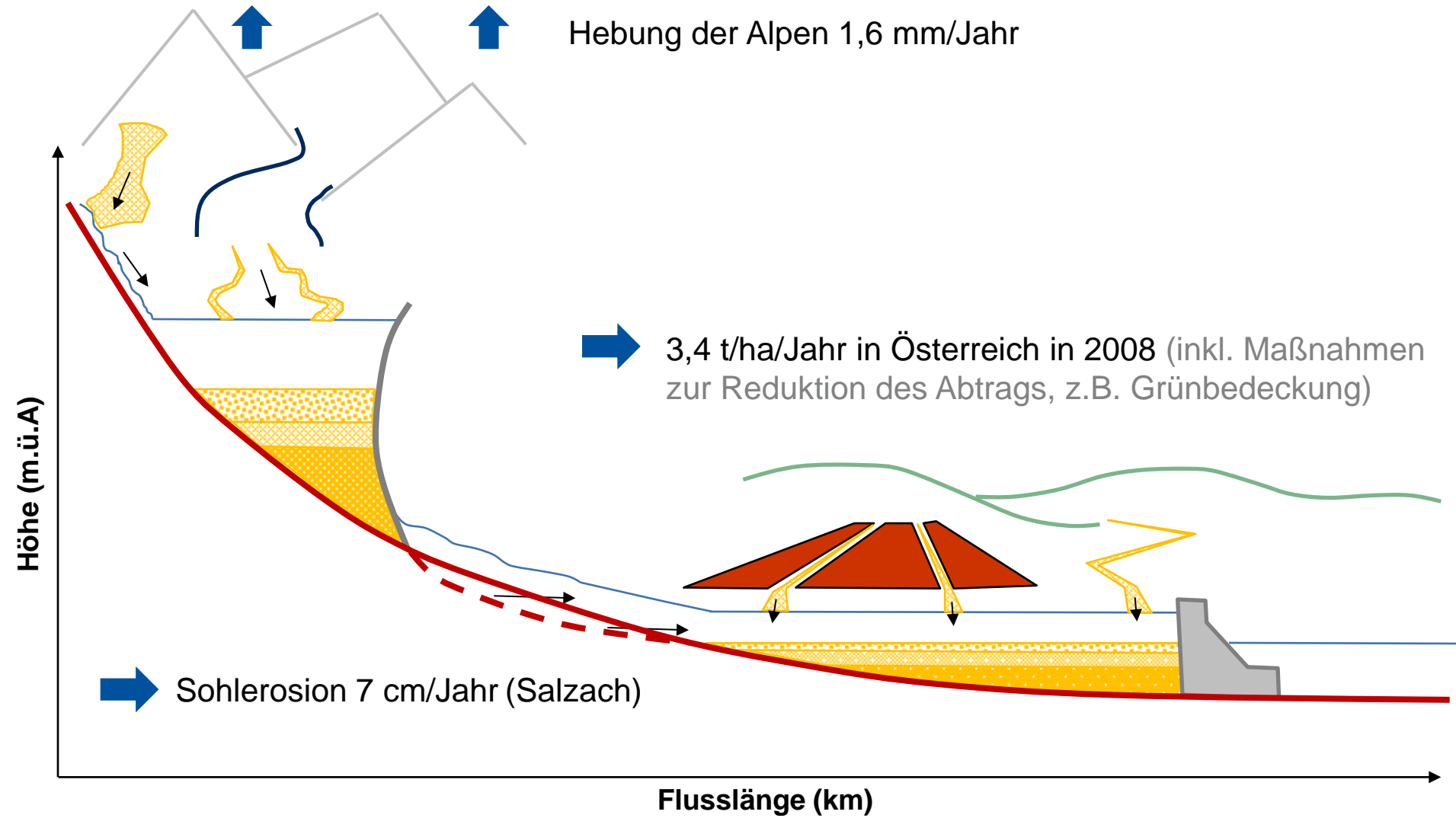
viadonau

Modul 3 (Andritz / Voith)

ANDRITZ VOITH
Hydro



Wasserkraftnutzung / Sedimentation



1. Verbesserung Prozessverständnis

(ii) Ausreichendes Prozessverständnis nicht gegeben

- Interaktion von **Feststoffbewegung** und **Turbulenz** noch **unzureichend erfasst** (vor allem für **kohäsive Sedimente**)
- **unzureichende mathematische Beschreibung** von Erosion, Transport, Deposition und Remobilisierung im **hochturbulenten** und **kohäsiven Bereich**

Empirische Formelansätze:

$$\tau_c = 0,06 (\rho_s - \rho) g d_{50} \text{ (Shields, 1936)}$$

$$\tau_c = 0,047 (\rho_s - \rho) g d_m \text{ (Meyer-Peter & Müller, 1948)}$$

$$q_c = 0,257 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho}} \sqrt{g d_{65}^3 I^{-7/6}} \text{ (Whittaker & Jäggi, 1986)}$$

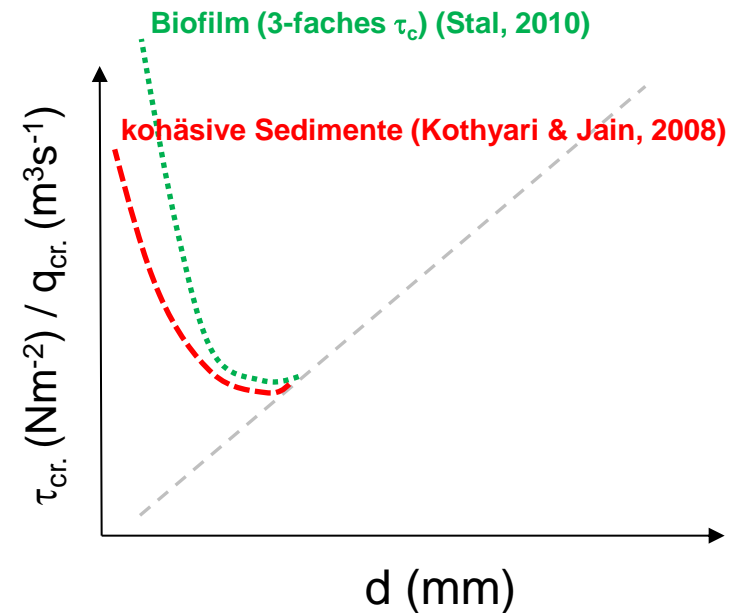
(0,02 < I < 0,09)

$$q_c = 0,151^{-1,12} \sqrt{g d_{50}^3} \text{ (Bathurst, 1987)}$$

(0,05 < I < 0,25)

$$q_c = 0,065 (s - 1)^{1,67} g^{0,5} d_{50}^{1,5} I^{-1,12} \text{ (Rickenmann, 1990)}$$

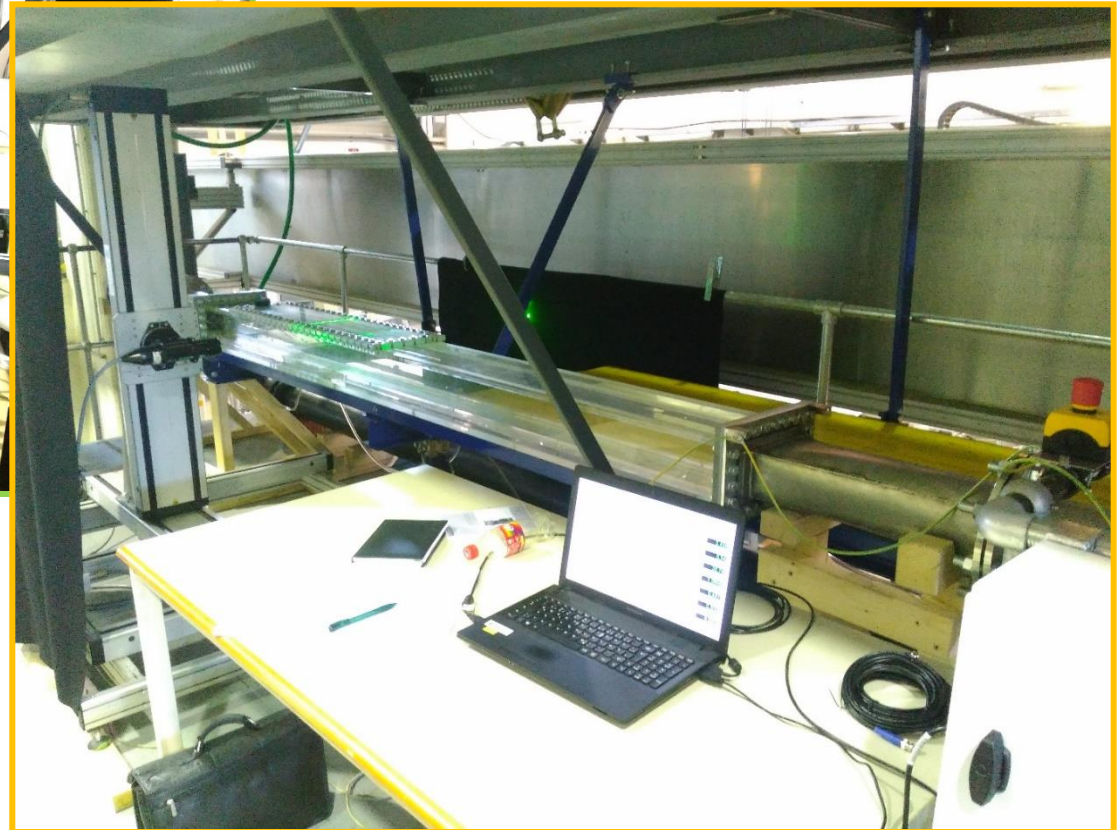
(0,04 < I < 0,2) mit $s = \frac{\rho_s}{\rho}$



1. Verbesserung Prozessverständnis



Neue Versuchsanlage (IWA-Labor)



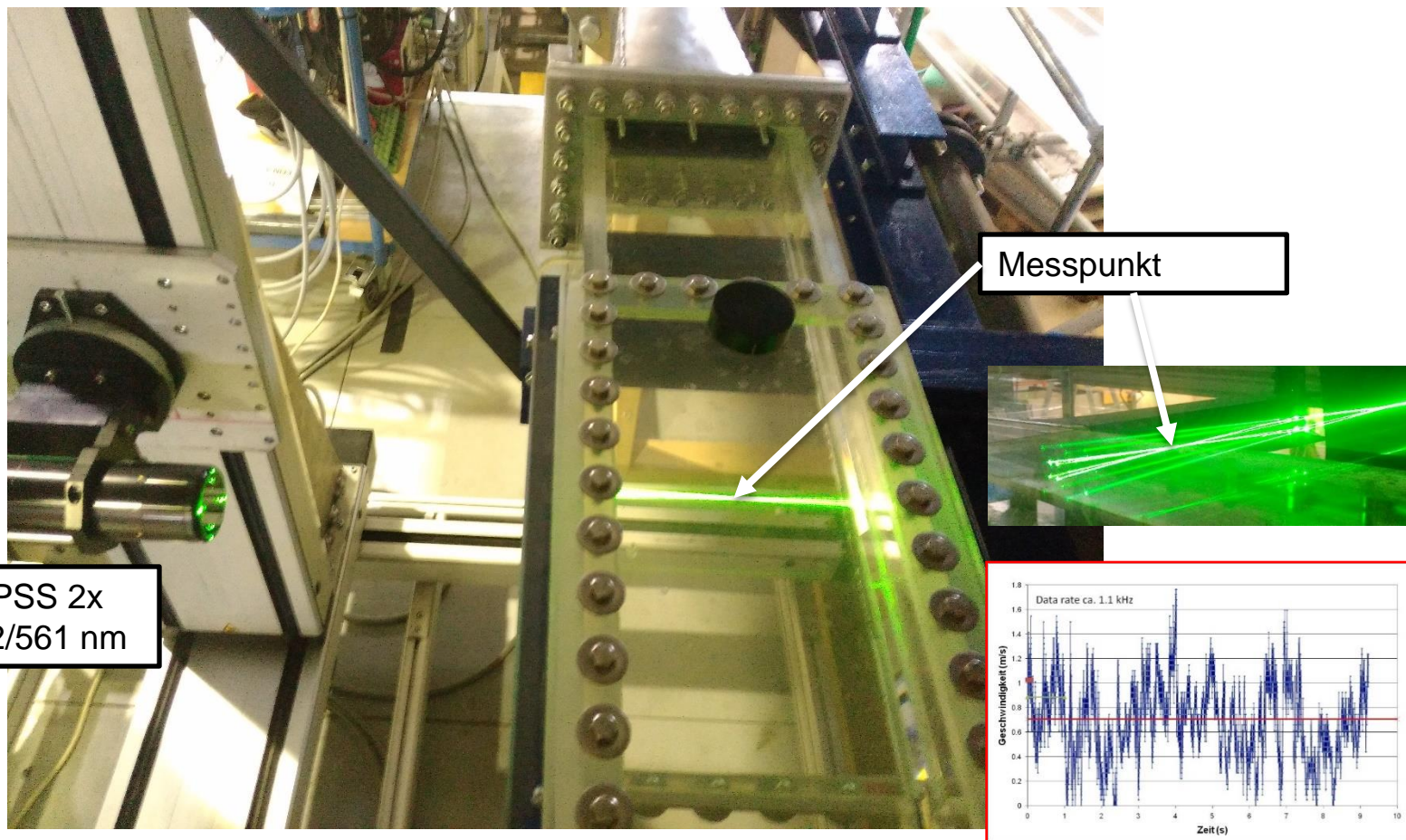
CD-Laboratory



“Critical shear stresses of cohesive reservoir sediments investigated on a new laboratory test rig with modern optical measurement systems”

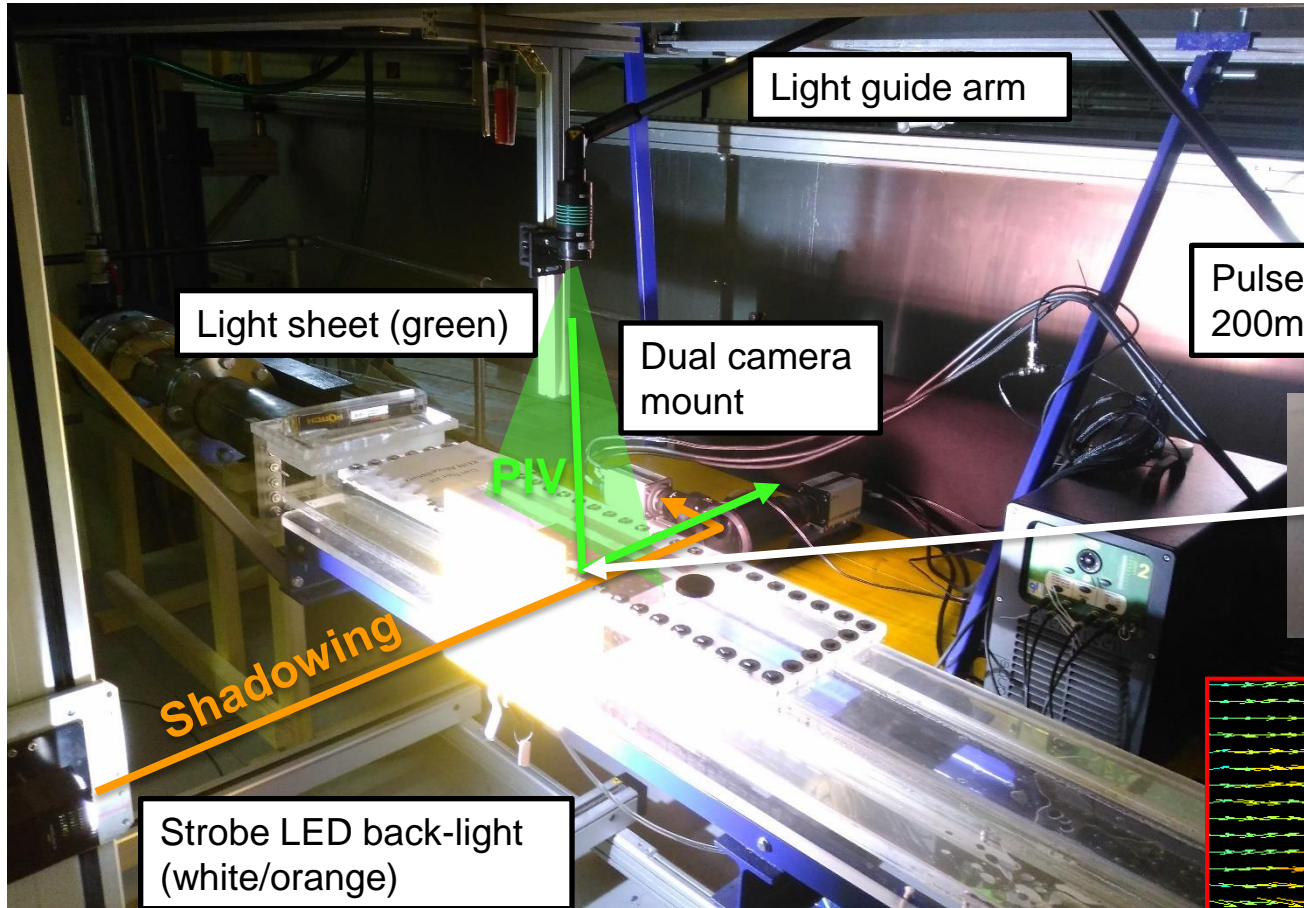
P. Lichtneger

1. Verbesserung Prozessverständnis



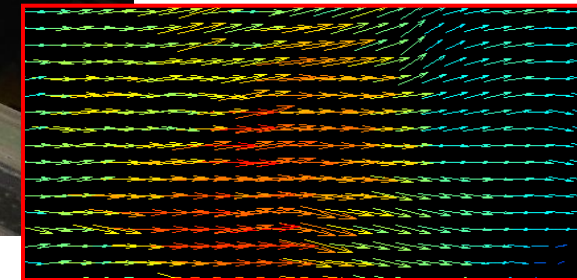
➔ Ergebnis: Hochauflösende Zeitreihen für Fließgeschwindigkeit und Turbulenz

1. Verbesserung Prozessverständnis



Laser-optical measurement methods

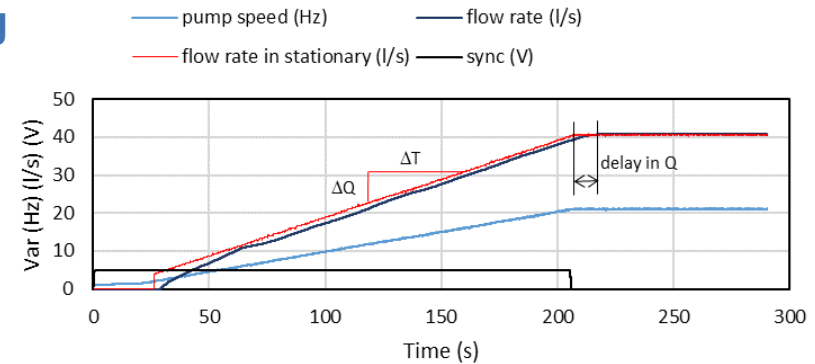
Pulsed Laser Nd:YAG. 2x 200mJ, 15Hz 532 nm



- ➔ Synchronisierung bei 15 Hz maximum, double frame delay ~ 300 - 600 μ s.
- ➔ **Ergebnisse:** Instationäre Fließgeschwindigkeitsfelder (PIV) und korrespondierende Videoaufnahmen.

1. Verbesserung Prozessverständnis

- **Erste Test** mit Staurationproben
- Instationäres (ramp) loading scheme wurde angewandt:
 - **Praktische Vorteile** in der **Standardisierung** des Testverfahrens;
 - Erste Testreihe (Rottau) durchgeführt



- Beispiel Ergebnis:

particle erosion

$$t = 51.2 \text{ s}; \tau_{0,c} = 0.6 \text{ N/m}^2$$

mass erosion

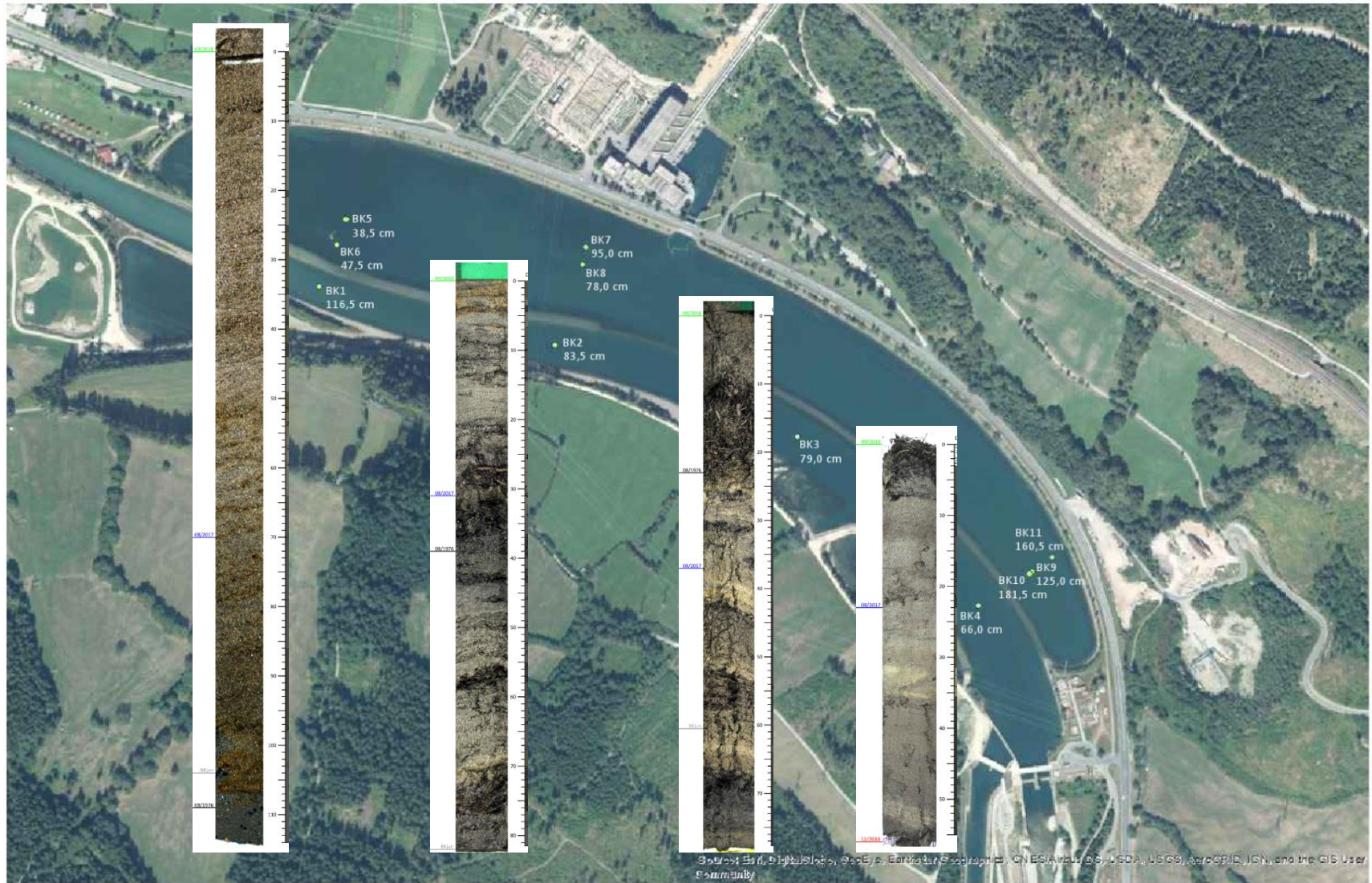
$$t = 90,1 \text{ s}; \tau_{0,c} = 2.2 \text{ N/m}^2$$

“finished”



➔ **Genauere Bestimmung herausfordernd** ➔ objektive Automatisierung notwendig

1. Verbesserung Prozessverständnis



1. Verbesserung Prozessverständnis

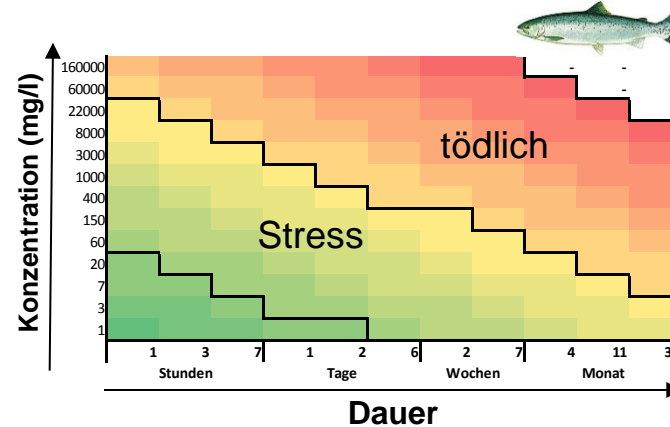


2. Entwicklung von Bewertungsmodellen

Unzureichende Infos über Wechselwirkung Sedimentdynamik / Ökologie

Problemstellung:

Fehlende wissenschaftlich begründete Methoden zur Beurteilung der Auswirkungen von Sedimentmanagementmaßnahmen auf die aquatische Ökologie



Newcombe & Jensen (1996)

⇒ Mäßiger Stress: $y = 327,8x^{-0,9}$

⇒ Lebensraumverlust: $y = 2616,7x^{-0,8}$

⇒ Tödlich: $y = 48008,5x^{-0,9}$

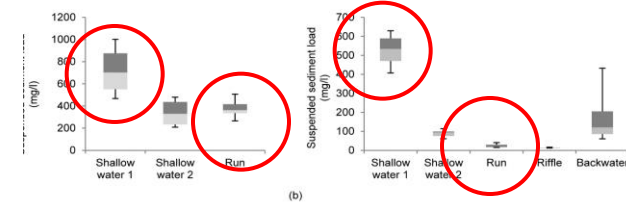
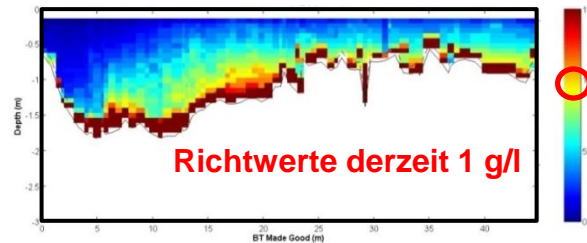
Habitatbezogene Trübe

Untersuchungen CD-Labor:

Fließrinne (Labor)



Schwefstoffverteilung Inn



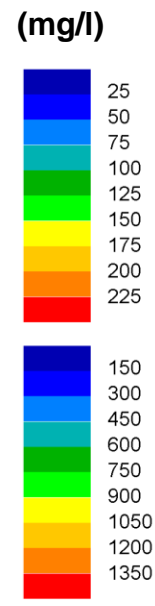
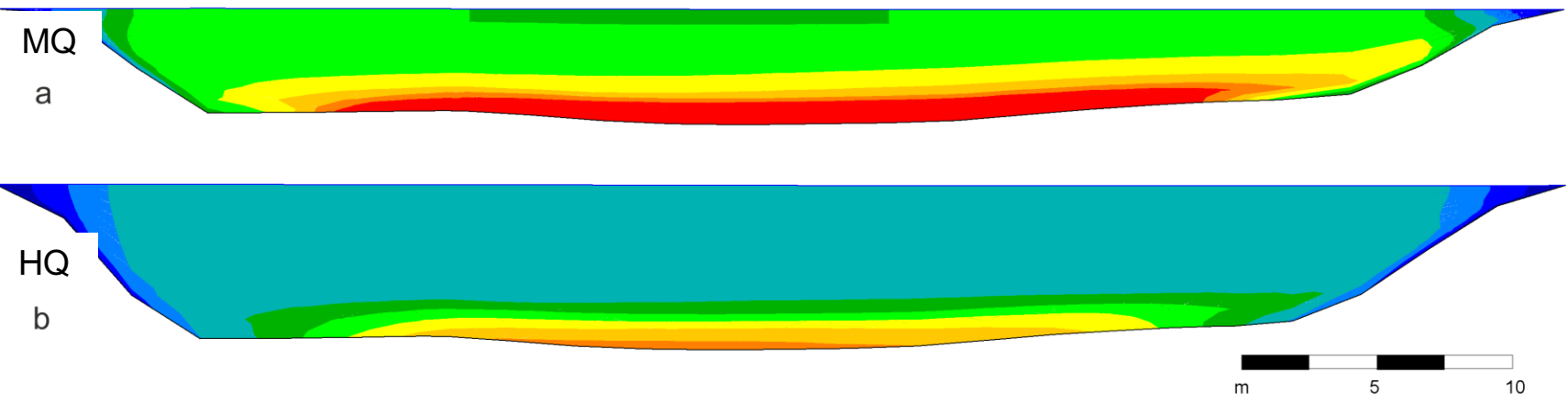
Hauer et al. (2020)

2. Entwicklung von Bewertungsmodellen

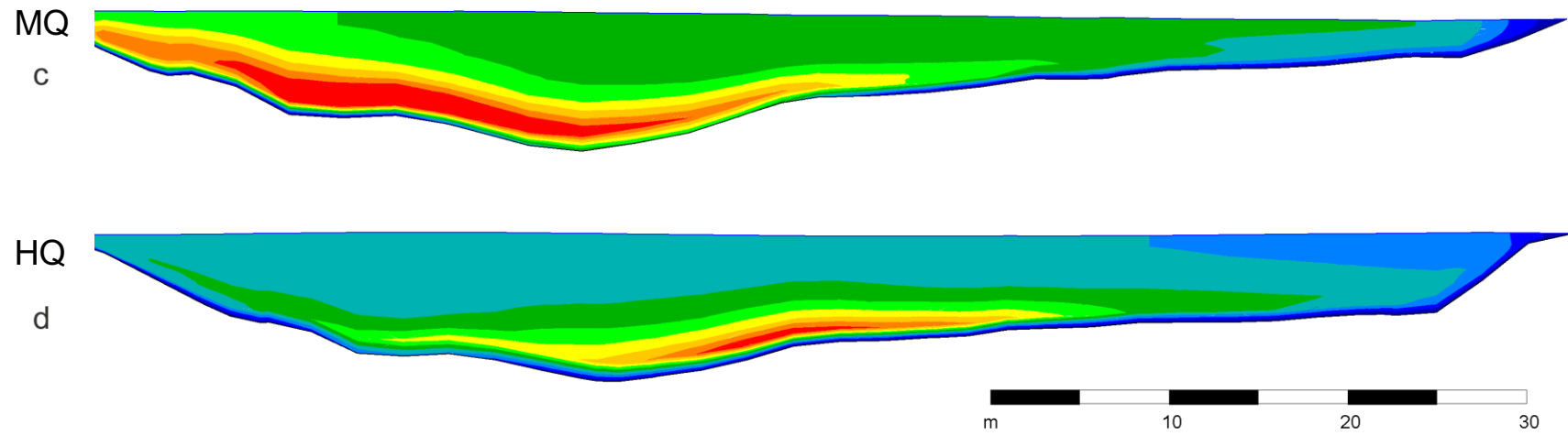


➔ SED-FISH: Ergebnisse der 3D Schwebstoffkonzentration für den Inn

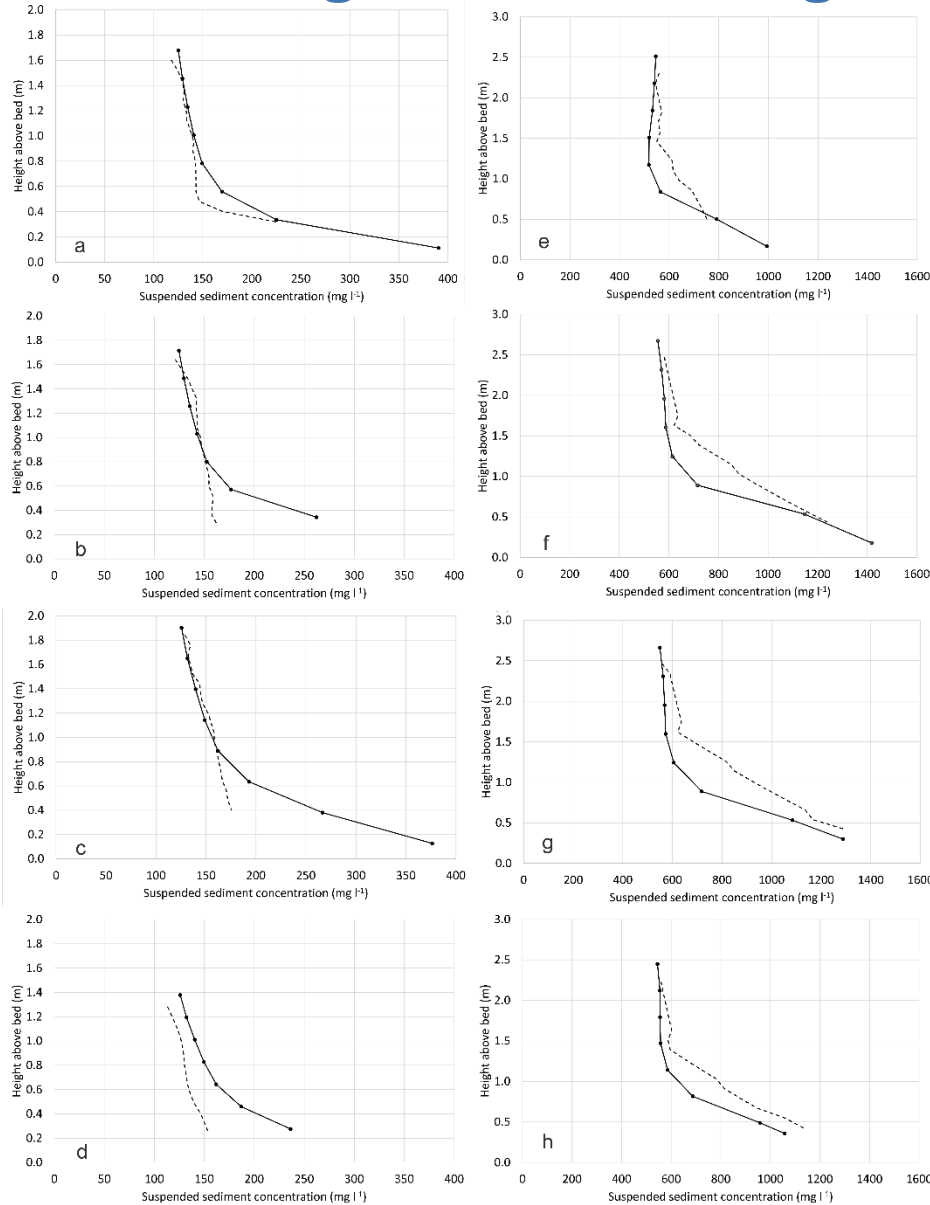
CS 1



CS 2



2. Entwicklung von Bewertungsmodellen



Tritthart *et al.* (2019)

CD-Laboratory



“Spatio-temporal variability of suspended sediments in rivers and ecological implications of reservoir flushing operations”

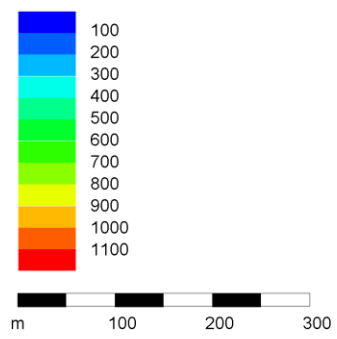
M. Tritthart

gemessene vs modellierte
Schwebstoffkonzentration

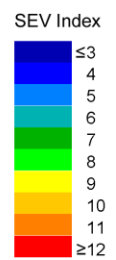
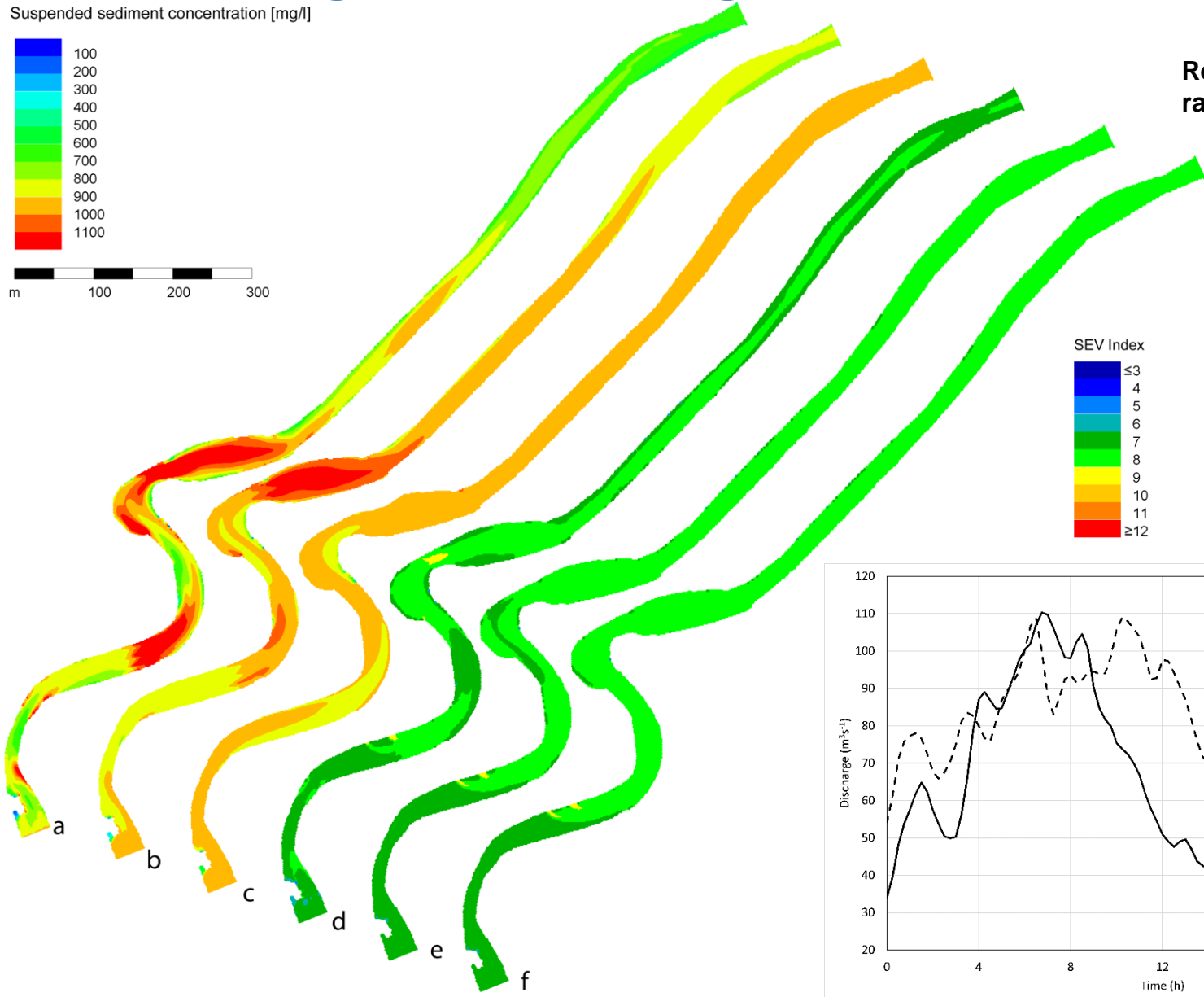
- Vergleich bei CS1
- linke Spalte: MQ
- rechte Spalte: HQ
- Vertikale 20%, 40%, 60% und 80% der Flussbreite

2. Entwicklung von Bewertungsmodellen

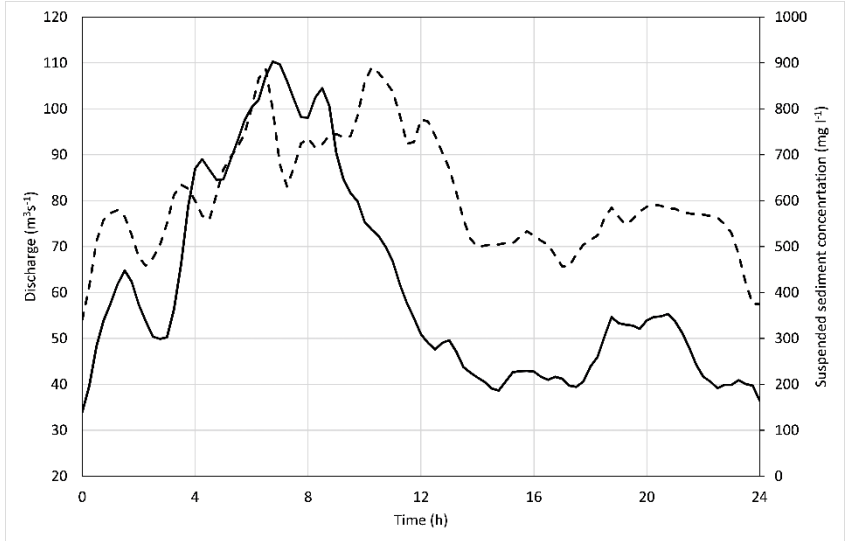
Suspended sediment concentration [mg/l]



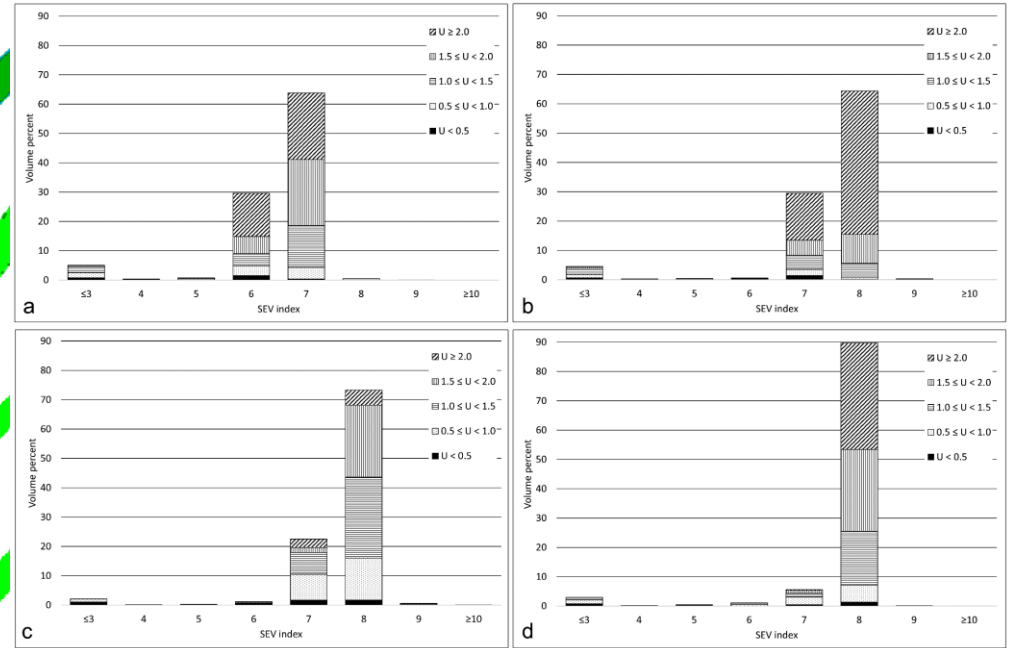
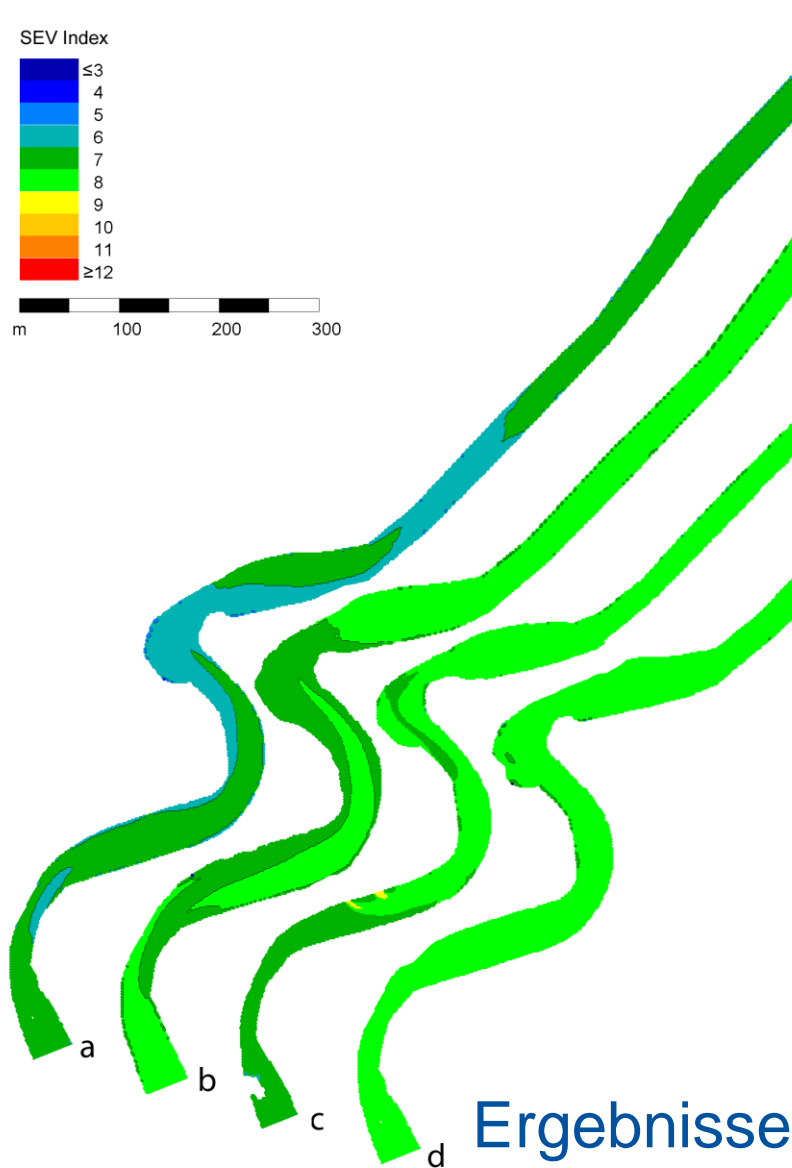
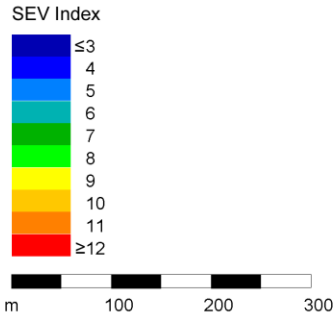
Result SSC: example rainfall event (24h)



Information in drei Schichten:
sohlnahe (a, d),
mittlere Tiefe (b, e),
Oberfläche (c, f)



2. Entwicklung von Bewertungsmodellen



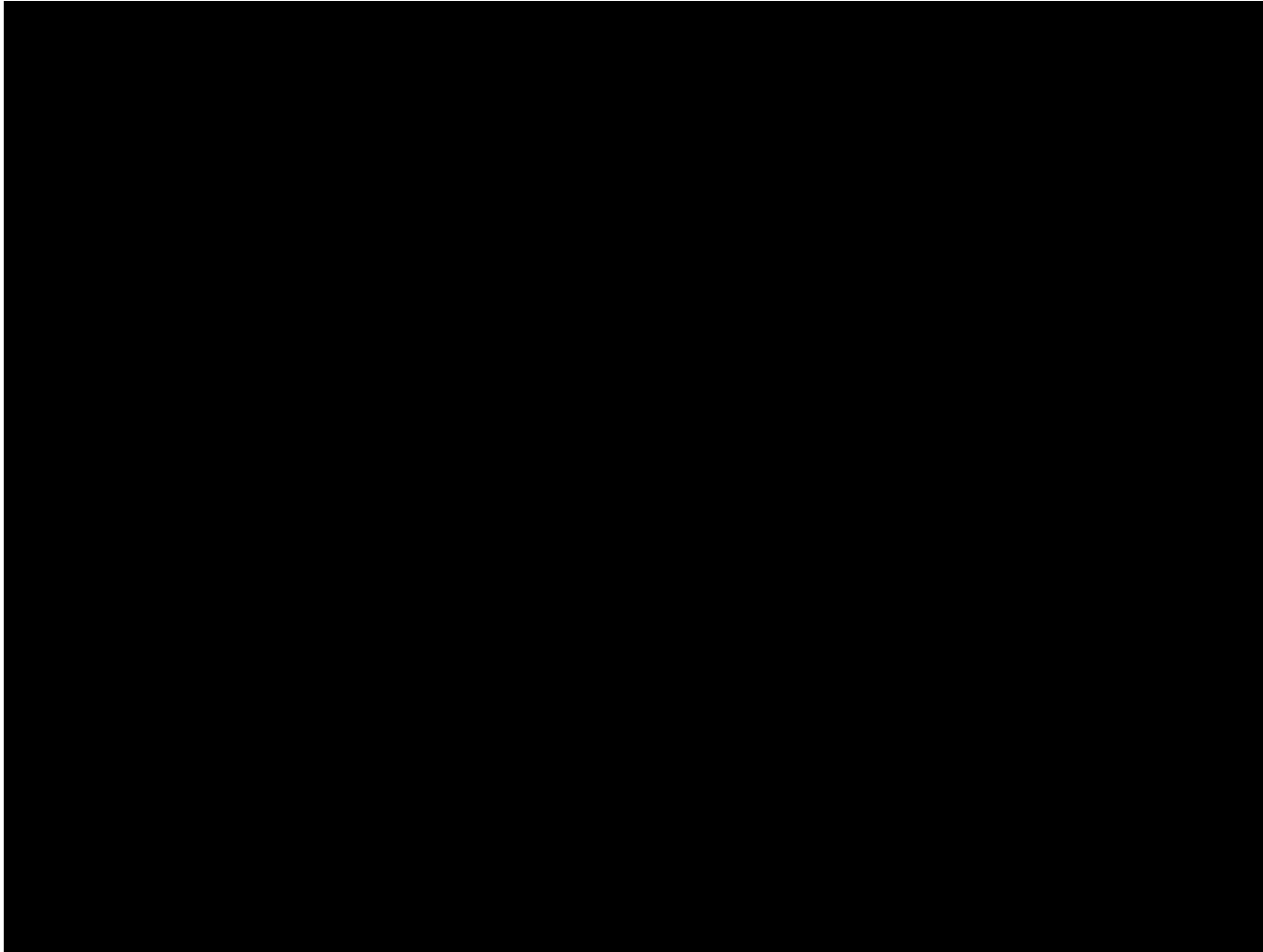
- Vergleich in mittlerer Tiefe
- Varianten:
 - a) Mittelwasser (24h)
 - b) HQ₁ (24h)
 - c) Regenereignis
 - d) 1 g/l über 24h

Ergebnisse SED-FISH: Ökologische Bewertung

2. Entwicklung von Bewertungsmodellen



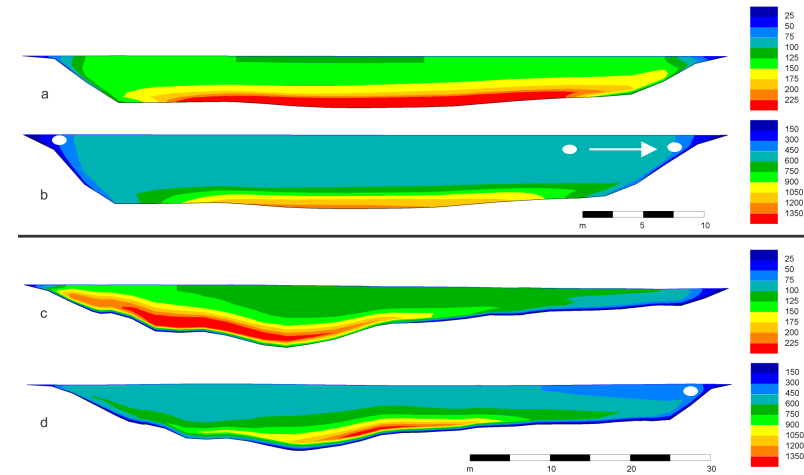
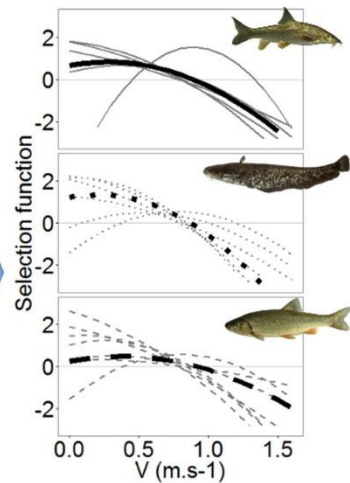
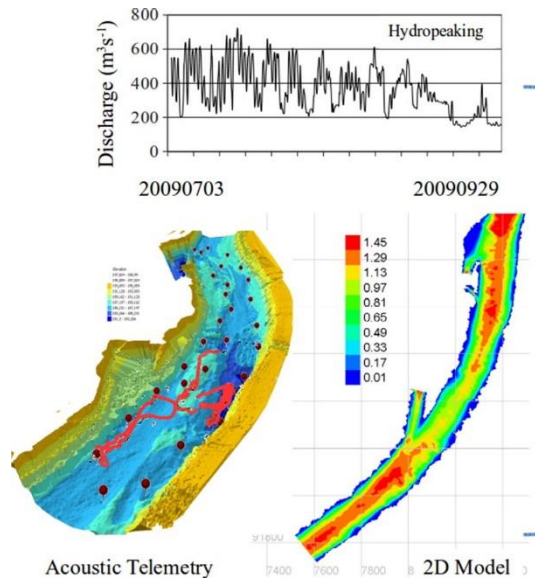
➔ Validierung von SED-FISH



2. Entwicklung von Bewertungsmodellen

Validierung von SED-FISH

by fish – telemetric studies



Tritthart et al. (2019)

Ziel: Dokumentation der Habitatnutzung bei hohen SSC

3. Lebensraum allgemein

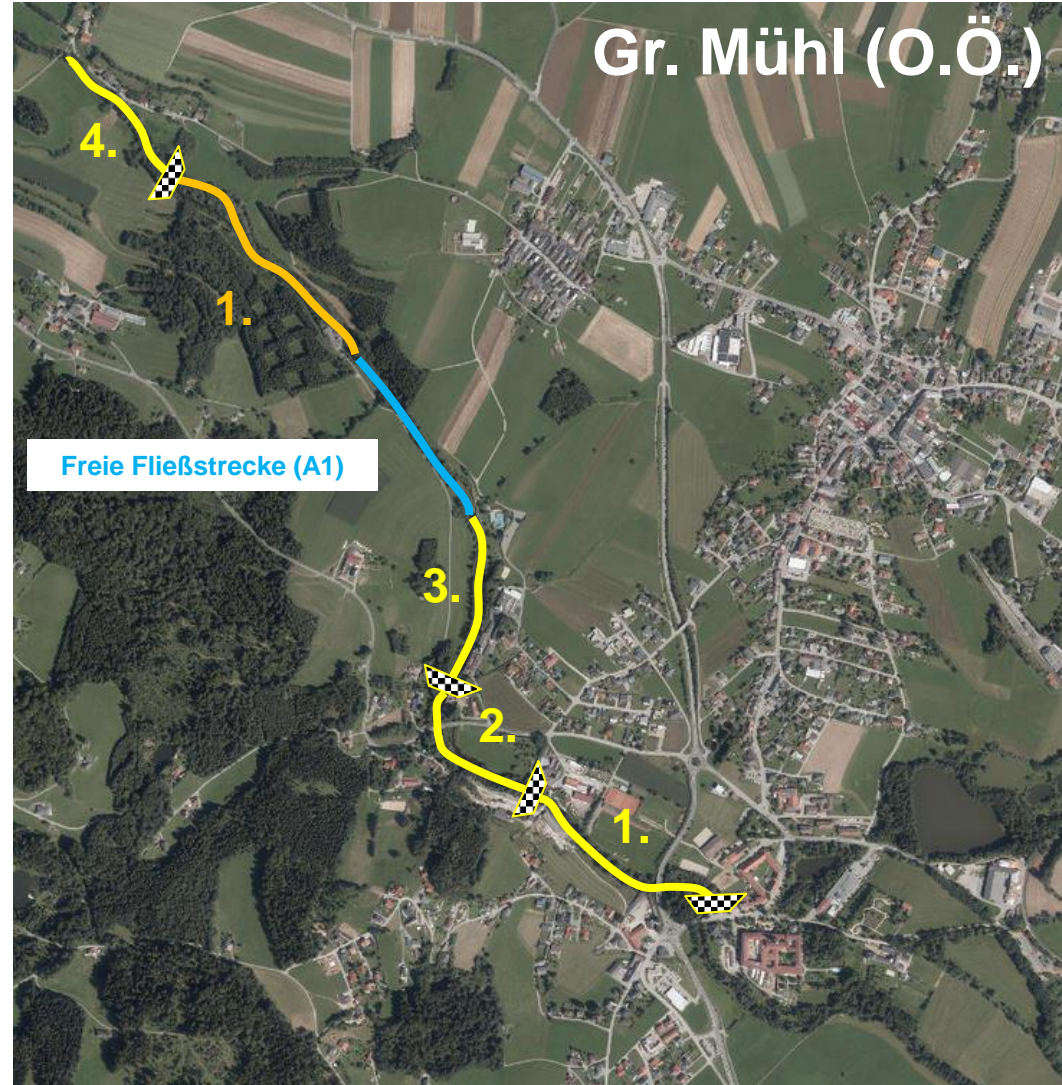
3. Lebensraum allgemein



4 Kleinwasserkraftwerke

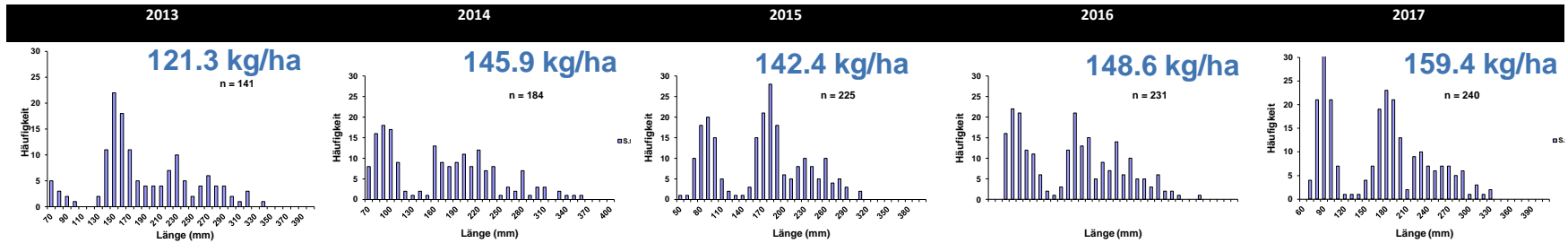
1 Restwasserstrecke

1 freie Fließstrecke

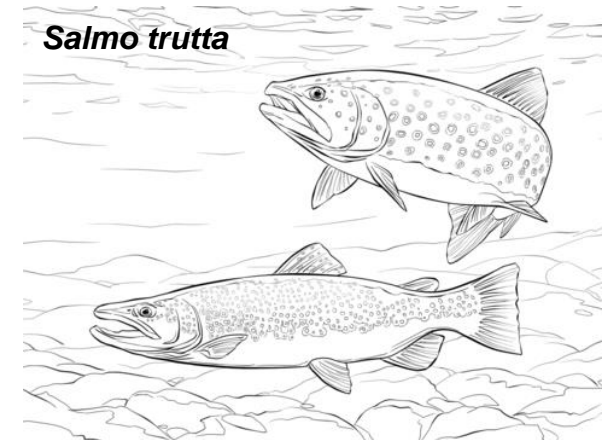
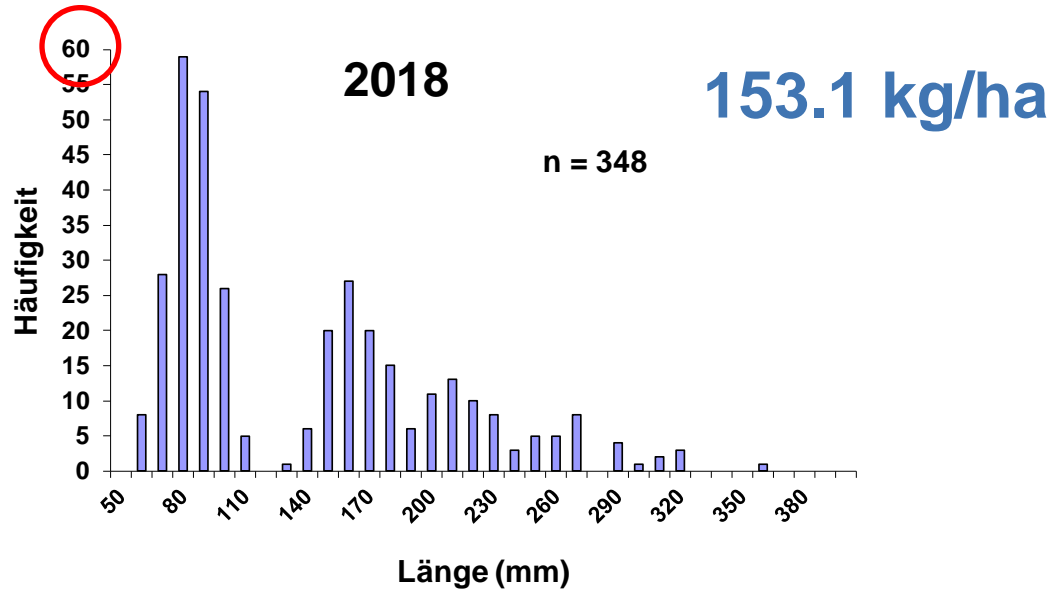


Entwicklung Bachforellenpopulation (2013 – 2018)

➔ Vergleich Elektrofischungen



(A_1)

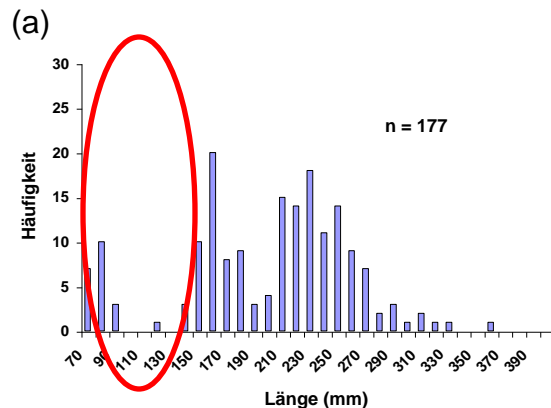
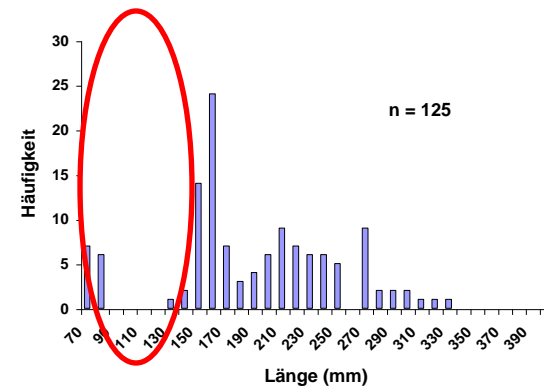
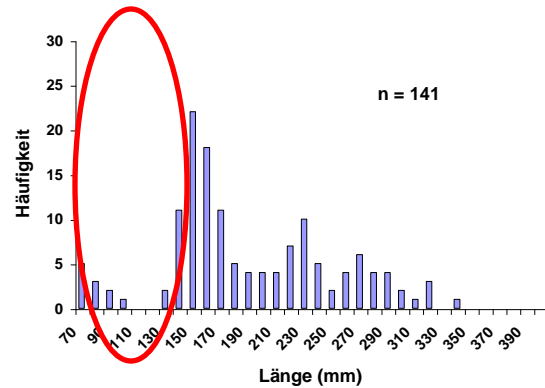


www.supercoloring.com

➔ **stabiler und guter Altersaufbau (resistent gegenüber Störungen)!**

Störung 1 - Junihochwasser 2013

➔ Ergebnisse Elektrofischung



Fehlen der 0+ Fische

(a) Freibad Aigen, (b) Bruckhäuser und (c) Ulrichsberg.

Abbildung 10. Längenfrequenzdiagramme der Bachforelle für die Befischungstrecke (a) Freibad Aigen, (b) Bruckhäuser und (c) Ulrichsberg.

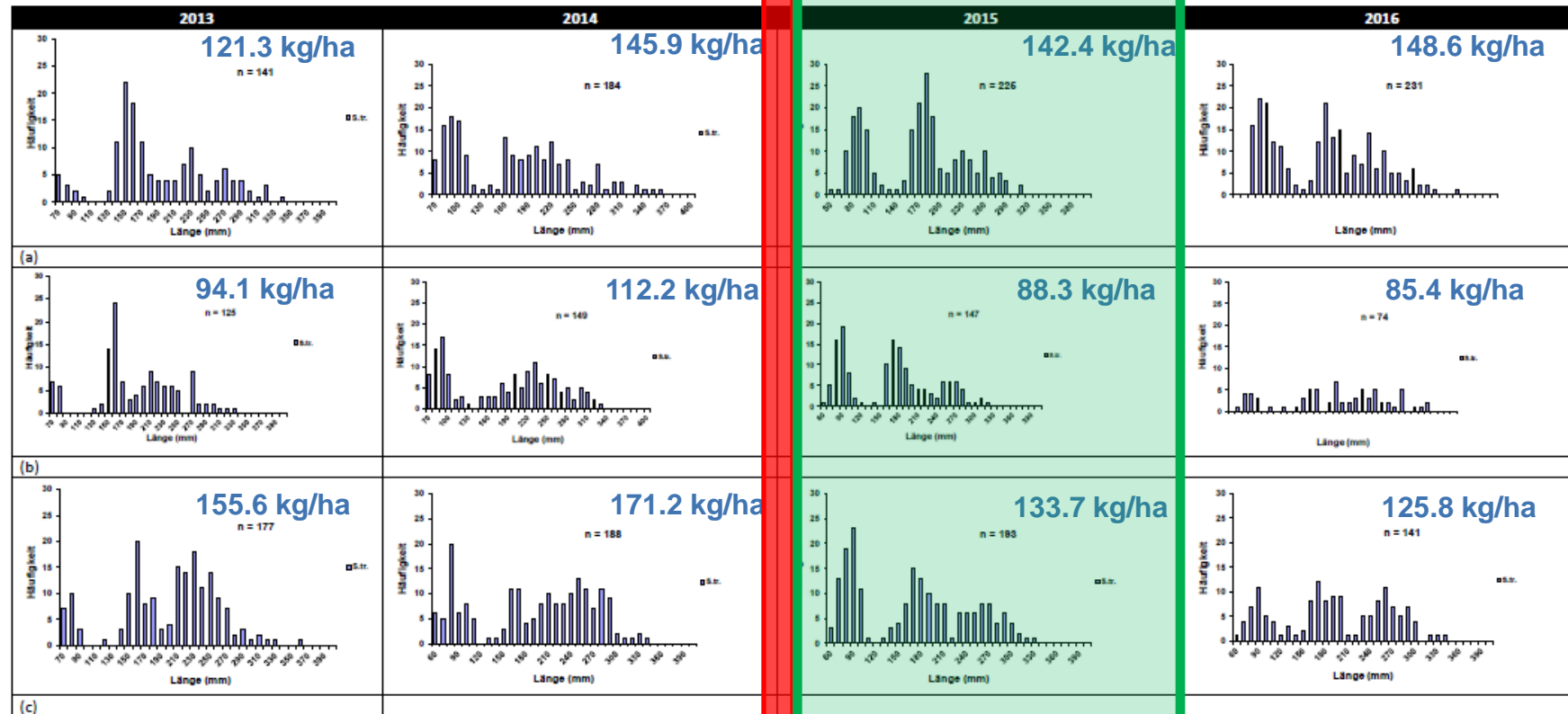
Störung 2 - Fischsterben Herbst 2014



Entwicklung Bachforellenpopulation (2013 – 2016)

➔ Vergleich Elektrofischungen

+ Populationsaufbau

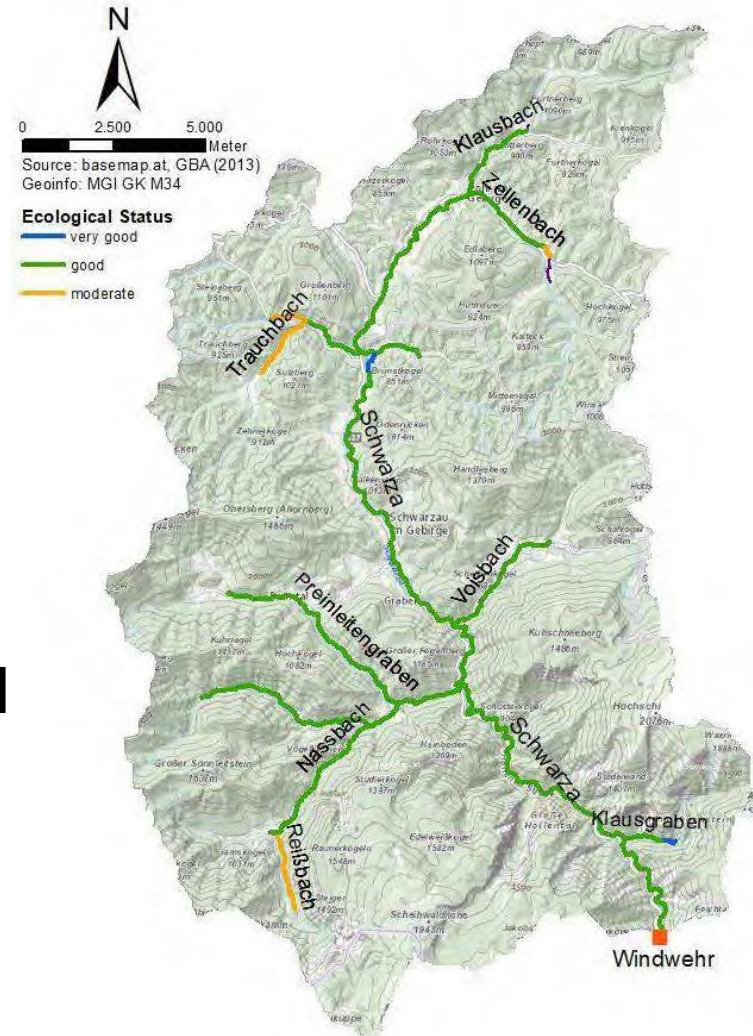
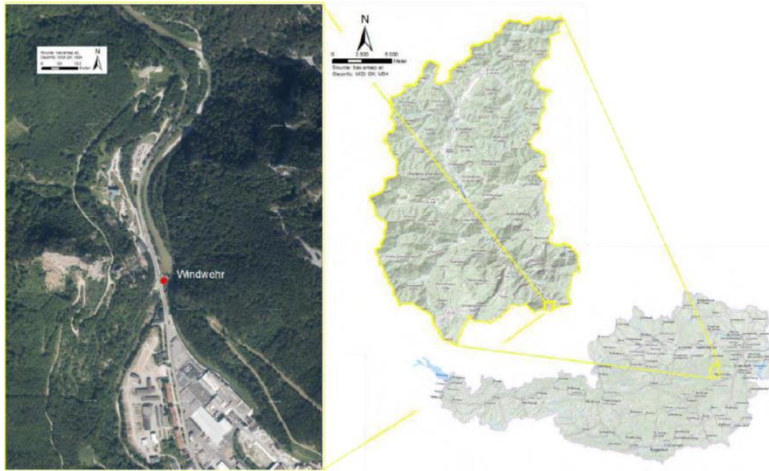


Störung 3 – Fischotter und Co.



4. Lebensraum Stauration

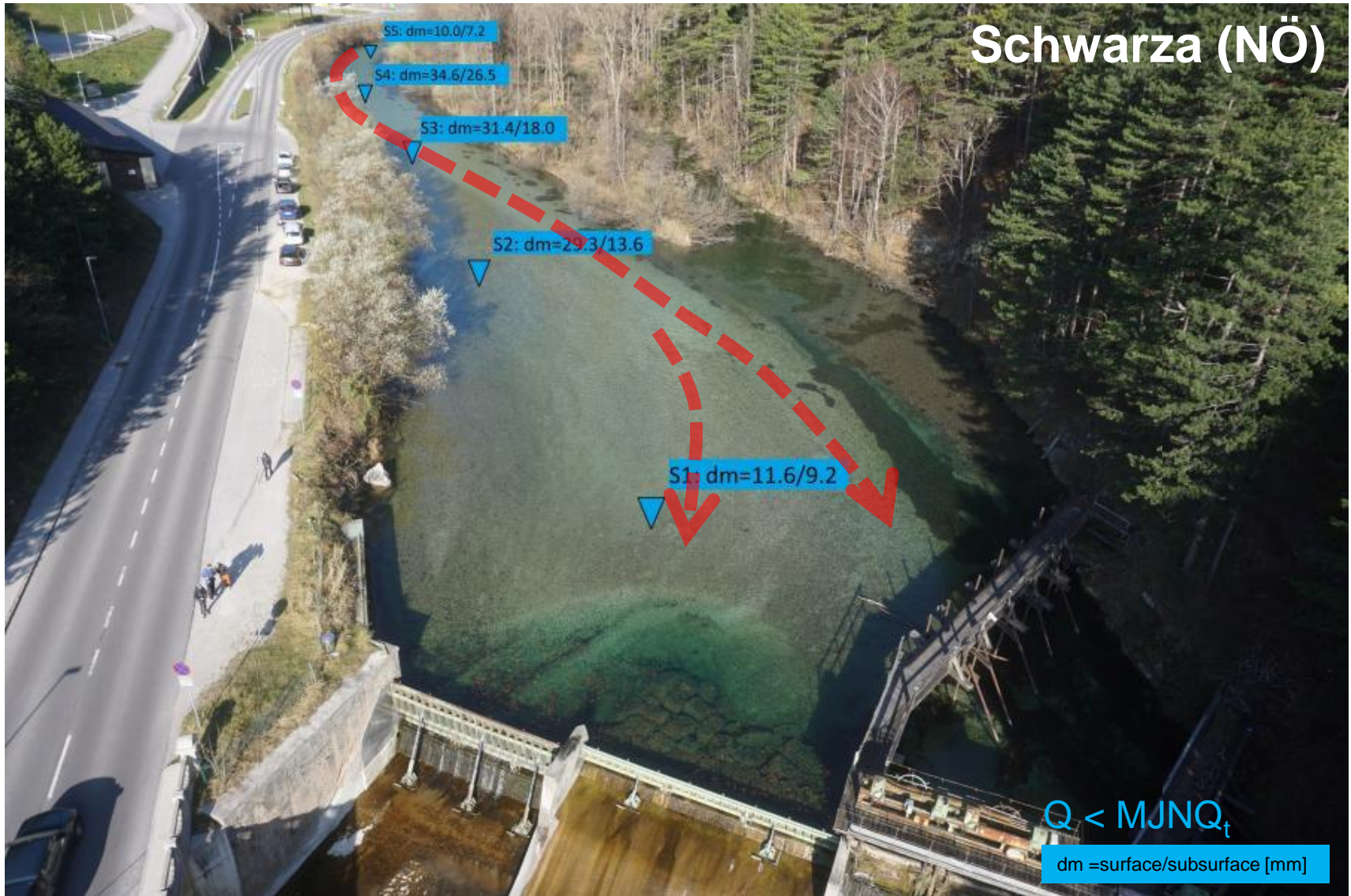
4. Lebensraum Stauraum Schwarza (NÖ)



➔ **Guter ökologischer Zustand**

➔ **10 Kleinwasserkraftwerke**

4. Lebensraum Stauraum



4. Lebensraum Stauraum

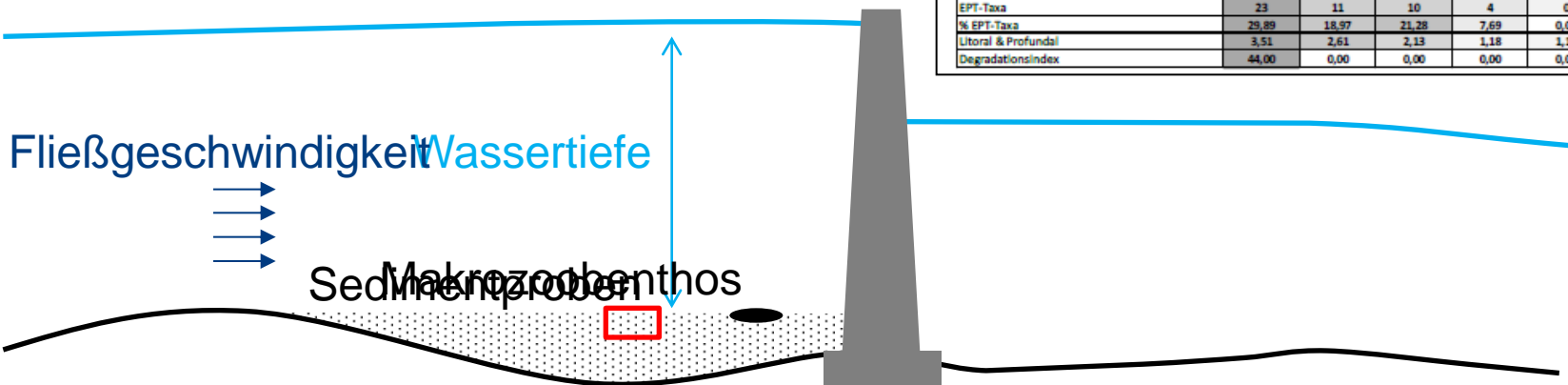
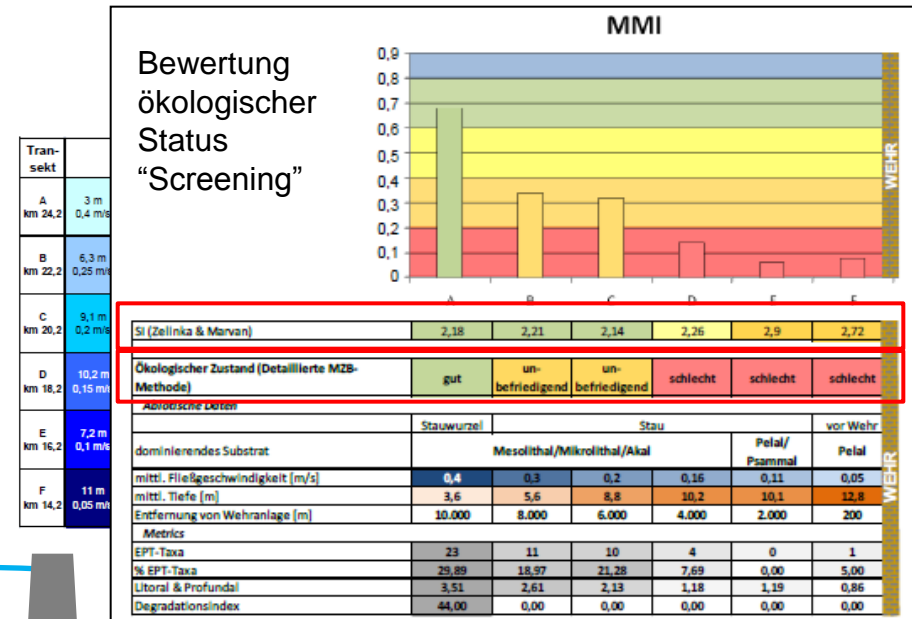


4. Lebensraum Stauraum

➔ Studie Ofenböck et al. (2011)

Übersicht über die Anzahl der untersuchten Transekte und Einzelproben für unterschiedliche Laufkraftwerke.

Fluss	Datum	Transekte	Proben gesamt	Referenz	Sammel-methode
Traun bei Pucking	07.08.2008	6	34	nein	Airlift / Greifer
Erlauf bei Erlauf	02.09.2008	4	24	ja	Airlift
Mur bei Spielfeld	06.11.2008	5	30	ja	Airlift
Mährische Thaya bei Unterpertholz	26.06.-03.07.2008	5	29	ja	Handnetz
Leitha bei Gattendorf	11.06.2008	5	21	ja	Greifer / Handnetz
Kamp Diethartmühle	27.04.2000 / 25.7.2000	4	8	ja	MHS
Naarn uh. Aschermühle	28.04.2000 / 25.7.2000	3	6	ja	MHS
Waldaist Pfahnmühle	28.04.2000 / 26.7.2000	5	8	ja	MHS
Donau Abwinden-Asten	22.-24.5.2006	6	80	nein	Airlift





“Sediment management for (small) hydropower plants – novel assessment and mitigation approaches”

P. Floedl

raum

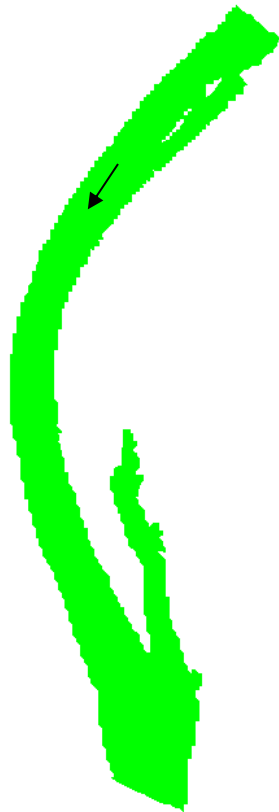


Tritthart et al. (2020)

possibly good
likely bad

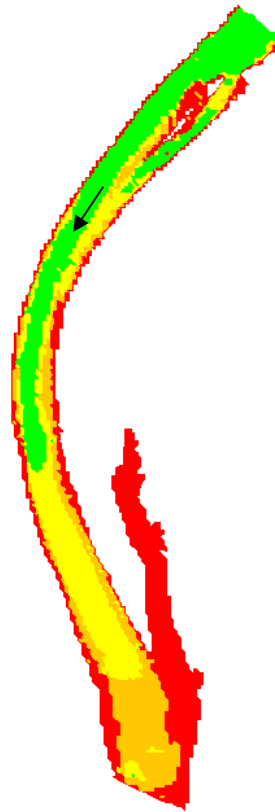
biological status
high
good
moderate
poor
bad

Ecological status
high
good
moderate
poor
bad



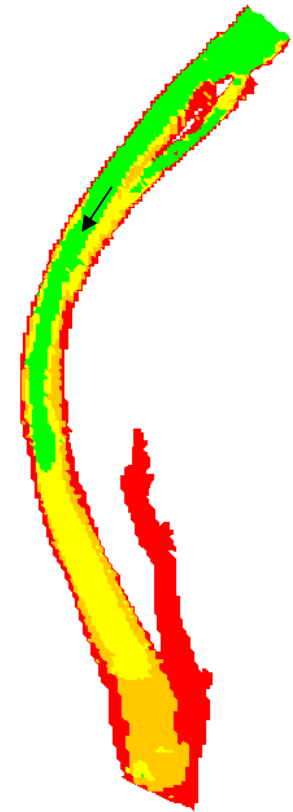
SI Korngrößen

+



SI Fließgeschwindigkeit

=



Gesamtbewertung

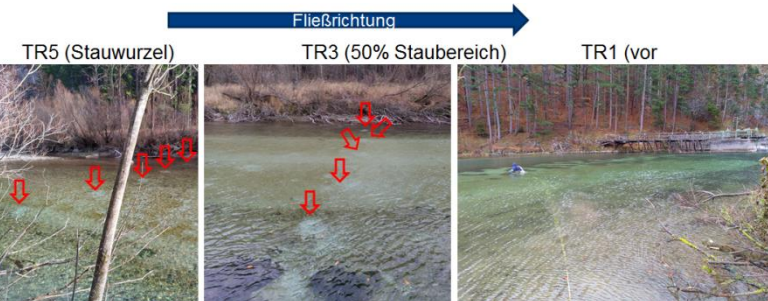
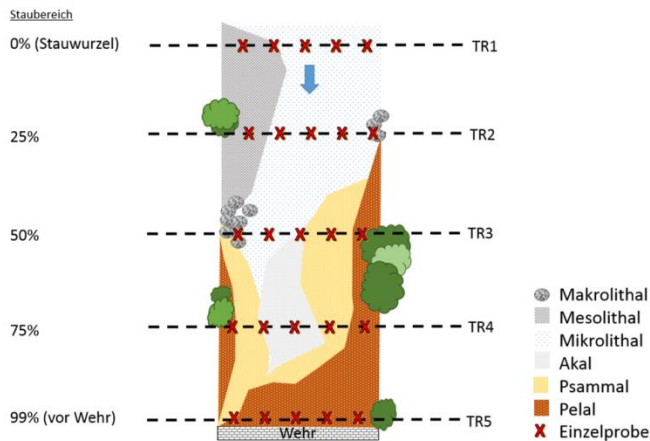
4. Lebensraum Stauraum

Einbringung von Brutboxen an der Schwarza



IB Holzer

Validierung von HEM-IMPOUNMENT



Abbildung/Fotos: Leitner & Graf

5. Sedimente / Kieslaichplätze

5. Kieslaichplätze



Ziel: „Flüsse wieder fit für mehr Sediment“



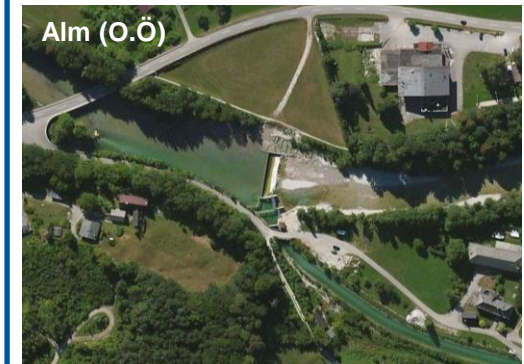
„2-Klassen Gesellschaft“



„gemeinsam“



Kleinwasserkraft



5. Kieslaichplätze

➔ Wo wird gelaicht?

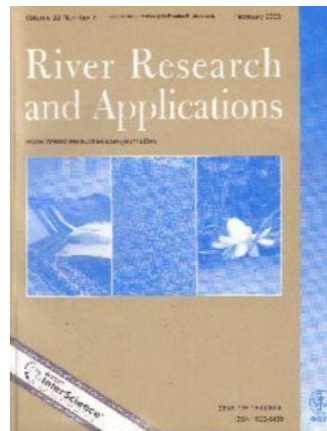
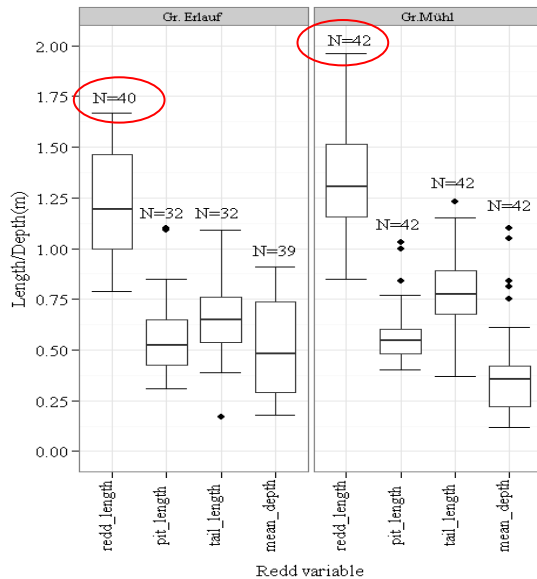
1. Stauwurzel



2. Staubereich



3. Triebwasserkanal



Obruca & Hauer, 2016 (River Research & Applications)

Flussperlmuschel



©lpv-passau.de

5. Kieslaichplätze

Experimentelle Untersuchungen



(a)



(b)

Ziel: Welche Korngemische erzielen die höchste Feinsedimentretention?



Figure: a) Study site of the 1:1 scale experiment on fine sediment infiltration (FSI) at a gravel mining pit in Lower Austria (a) general overview and (b) detail of the outlet creek (red circle).

Detail 1



Detail 2



Detail 3



M. Paster

5. Kieslaichplätze

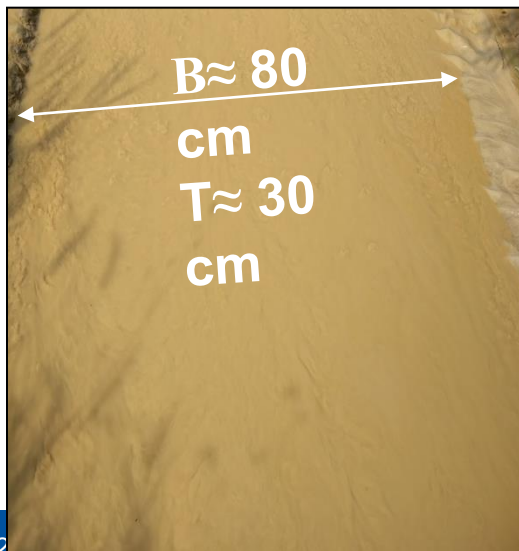
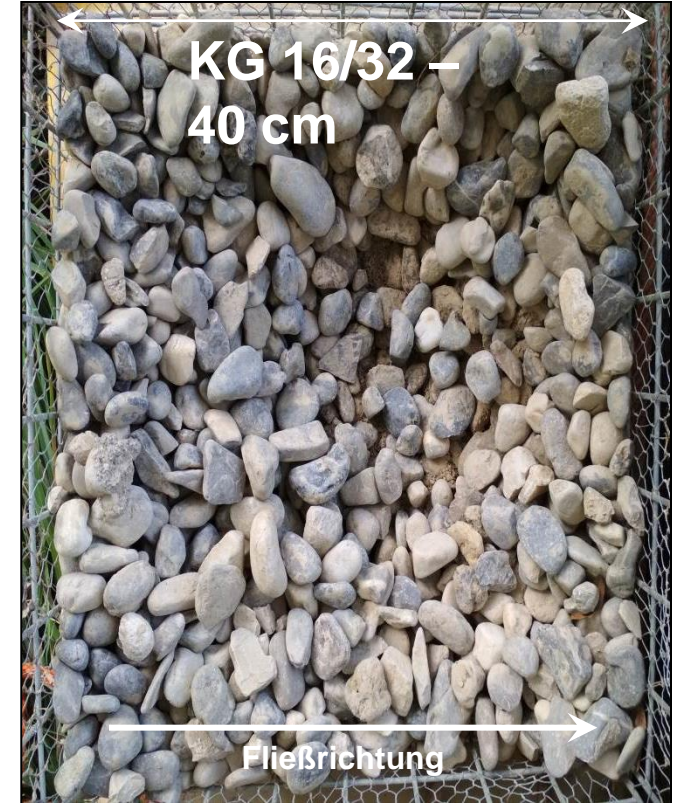
Versuchsumgebung



Versuchsaufbau



Ergebnis



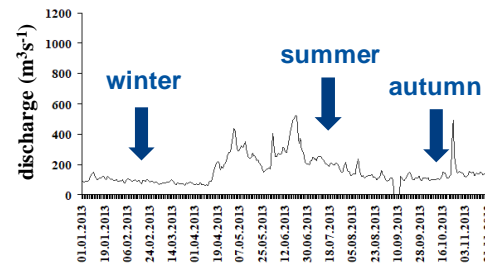
Filtermaterial:

KG 8/16, 16/32
+ unterschiedliche
Korngemische

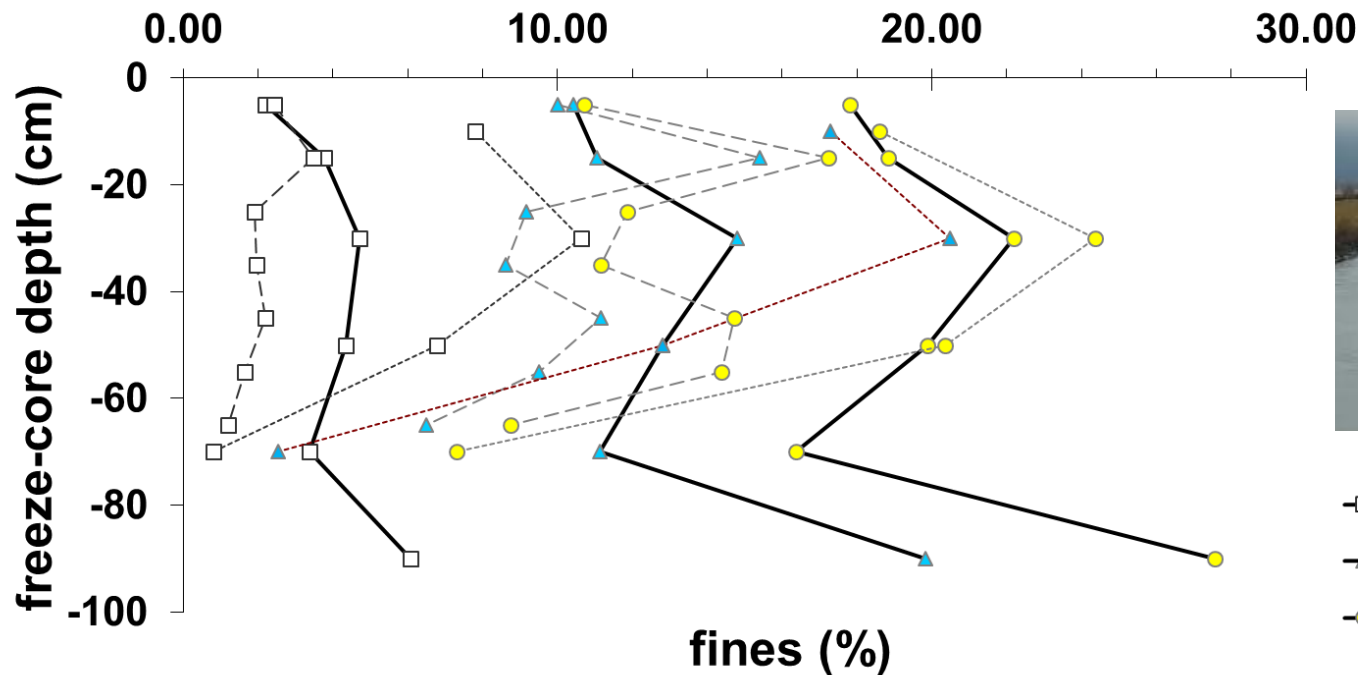
Messparameter:

$Q_m = 85 \text{ ls}^{-1}$
 $v_m = 0,6 \text{ ms}^{-1}$
 $s_m = 37- 42 \text{ gl}^{-1}$

Ergebnisse (Alpenrhein)



➔ FSI dynamics for sampling point 4 (riffle habitat)



- < 0.125 mm
- ▲ < 0.5 mm
- < 2 mm

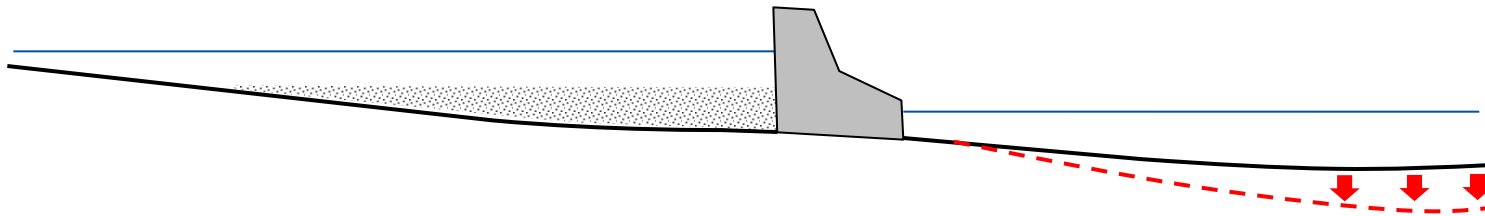
Hauer et al., 2019

➔ *flood disturbance and gravel dynamics are important*

6. Sedimentkontinuum in „multi-stressed“ Flüssen

4. Sedimentkontinuum

➔ Aussage:
„Kraftwerke halten die Sediment zurück.....“



Fallstudie im CD-Labor: Salzach

➔ **Kraftwerkskette:** 8 Laufkraftwerke

➔ **Schwellbetrieb:** ökologische Auswirkungen flussab

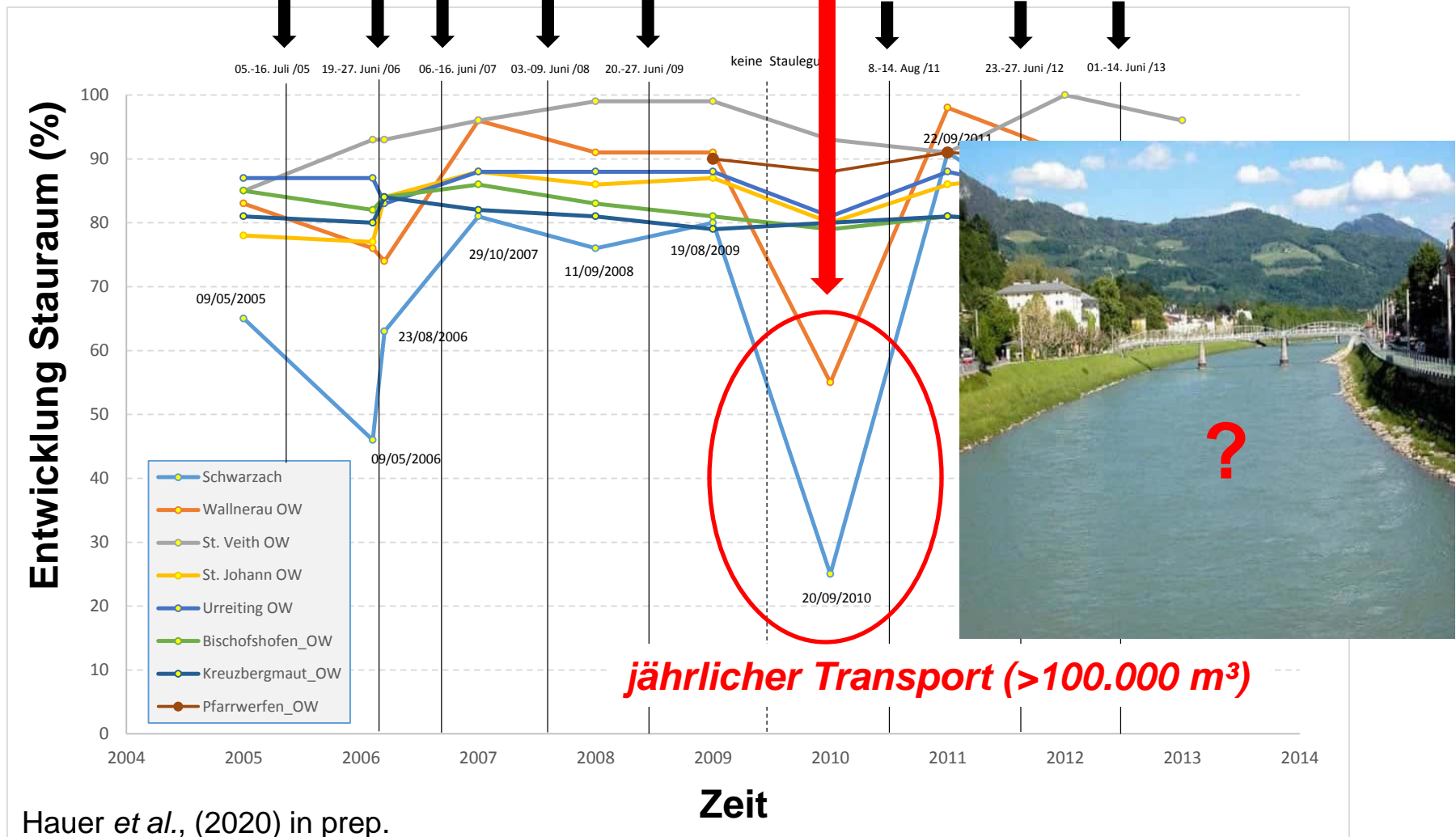


www.salzburg-ag.at

6. Sedimentkontinuum

➔ Salzach: hohe Spülfizienz!

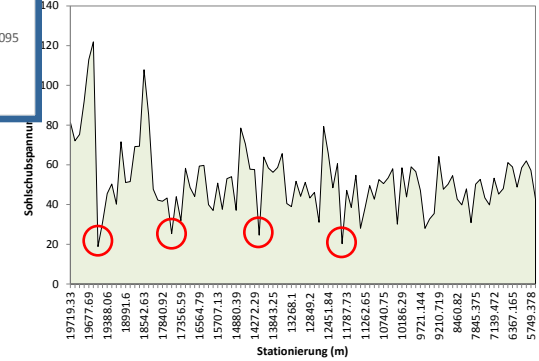
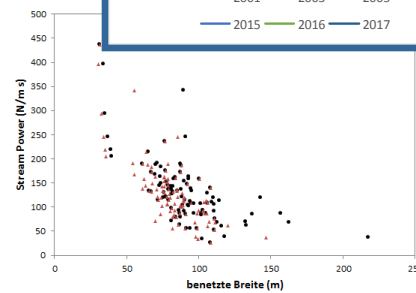
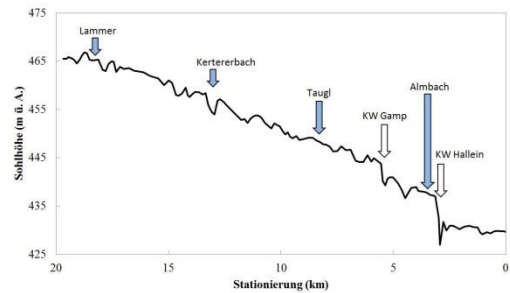
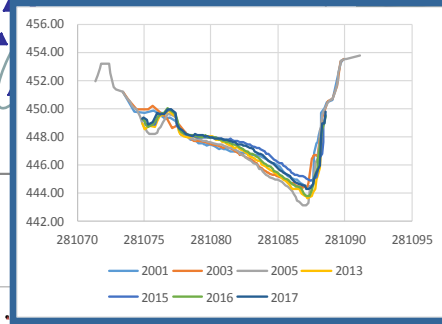
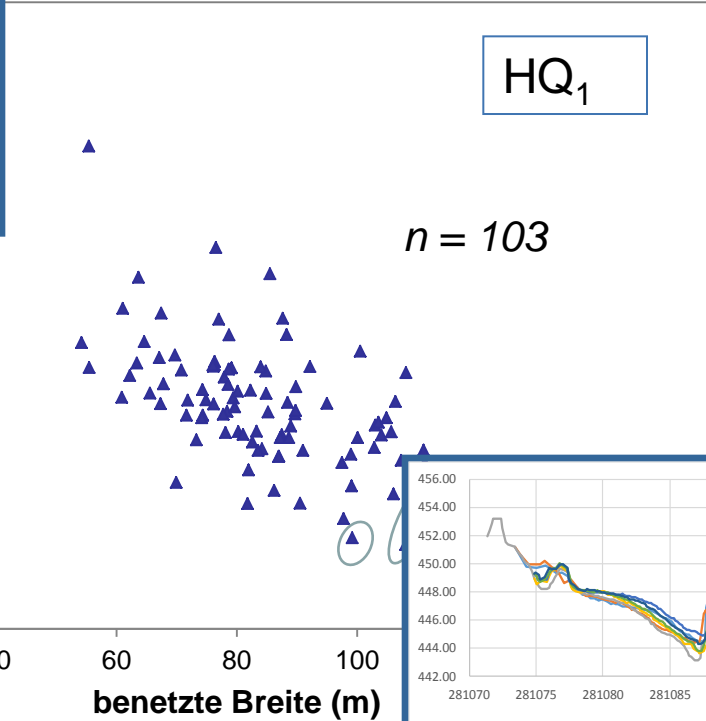
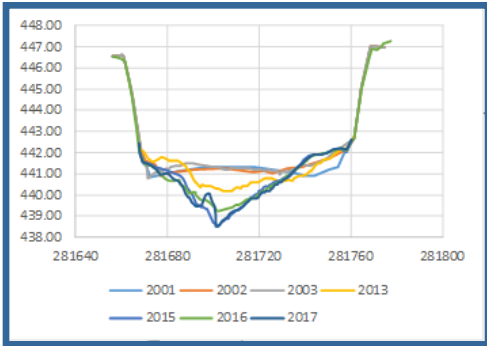
Keine Spülung



Hauer et al., (2020) in prep.

6. Sedimentkontinuum

hydrodynamisch-numerischen Modellierung



Hauer et al., (2019) in prep.

Beitrag des CD – Labor zu einer *Erweiterung der Diskussion* und zu *Lösungsfindung* für die Wasserkraft:

- ➔ **Verbessertes Prozessverständnis** und Entwicklung von **neuen Analyse-Verfahren** für ein zukünftig **optimiertes Feststoffmanagement** bei **(Klein-)Wasserkraftanlagen**
- ➔ **Bewertung** als **Lebensraum** (auch unter dem Aspekt **Klimawandel**)
- ➔ **Optimierung** des **Sedimentmanagements** (Spülungen, etc.)
- ➔ **Abwägung** und **Optimierung** von Maßnahmen hinsichtlich **Zielerfüllung Wasserrahmenrichtlinie**



Danke für die Aufmerksamkeit!