

Wasserkraft & Ökologie

Innovative Projekte der KWO



*KWO-Slogan:
"Wasserkraft in Partnerschaft mit der Natur"*

**Steffen Schweizer,
Fachstelle Ökologie KWO**

Inhalt



1) Kurze Einleitung & Projekte

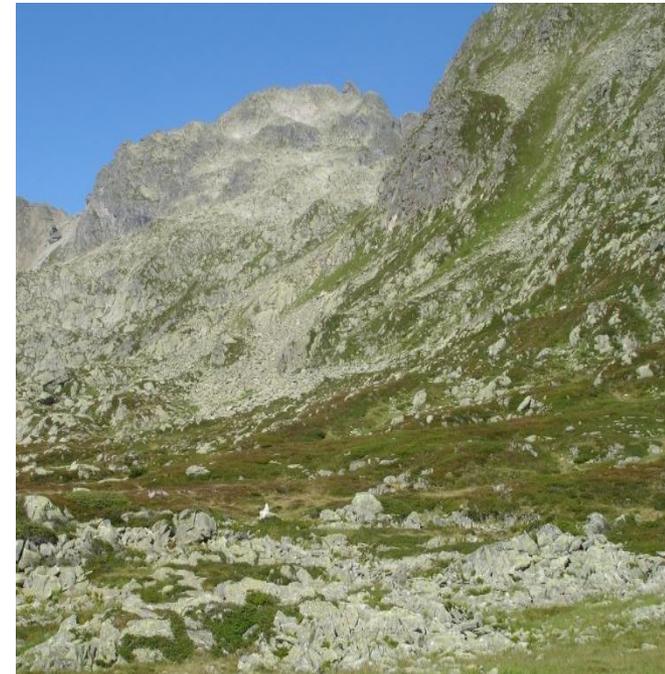
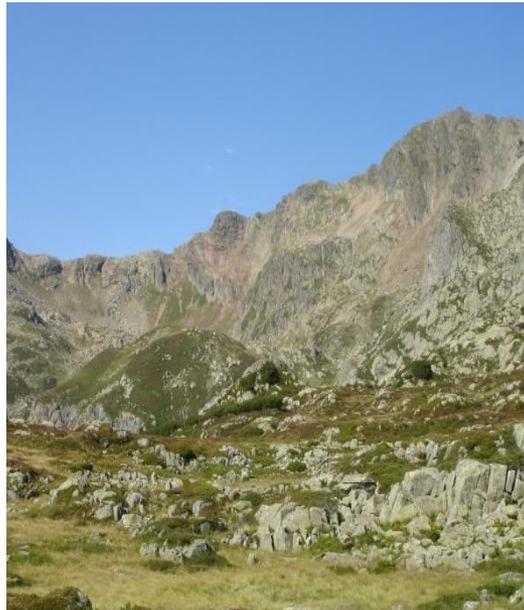
2) Thema Restwasser

3) Thema Schwall-Sunk

4) Kurzes Fazit

Kraftwerke Oberhasli AG

- Einzugsgebiet 450 km² mit Aare- (Grimselgebiet) und Gadmental (Sustengebiet)
- 21% Vergletscherung, Jahresniederschlag \pm 2'000mm
- MQ unterhalb der Wasserrückgabe 35 m³/s
- Jahresproduktion der KWO 2'700 GWh/a



Runder Tisch Wasserkraft

- Bundesrat hat Problem erkannt und will bis 2040 **zusätzlich 2 TWh Winterstrom mit Wasserkraft erzeugen**
- Bundesrätin S. Sommaruga hat dazu im 2021 einen Runden Tisch einberufen, (Umweltverbände, Kantone, BFE, BAFU und SWV)



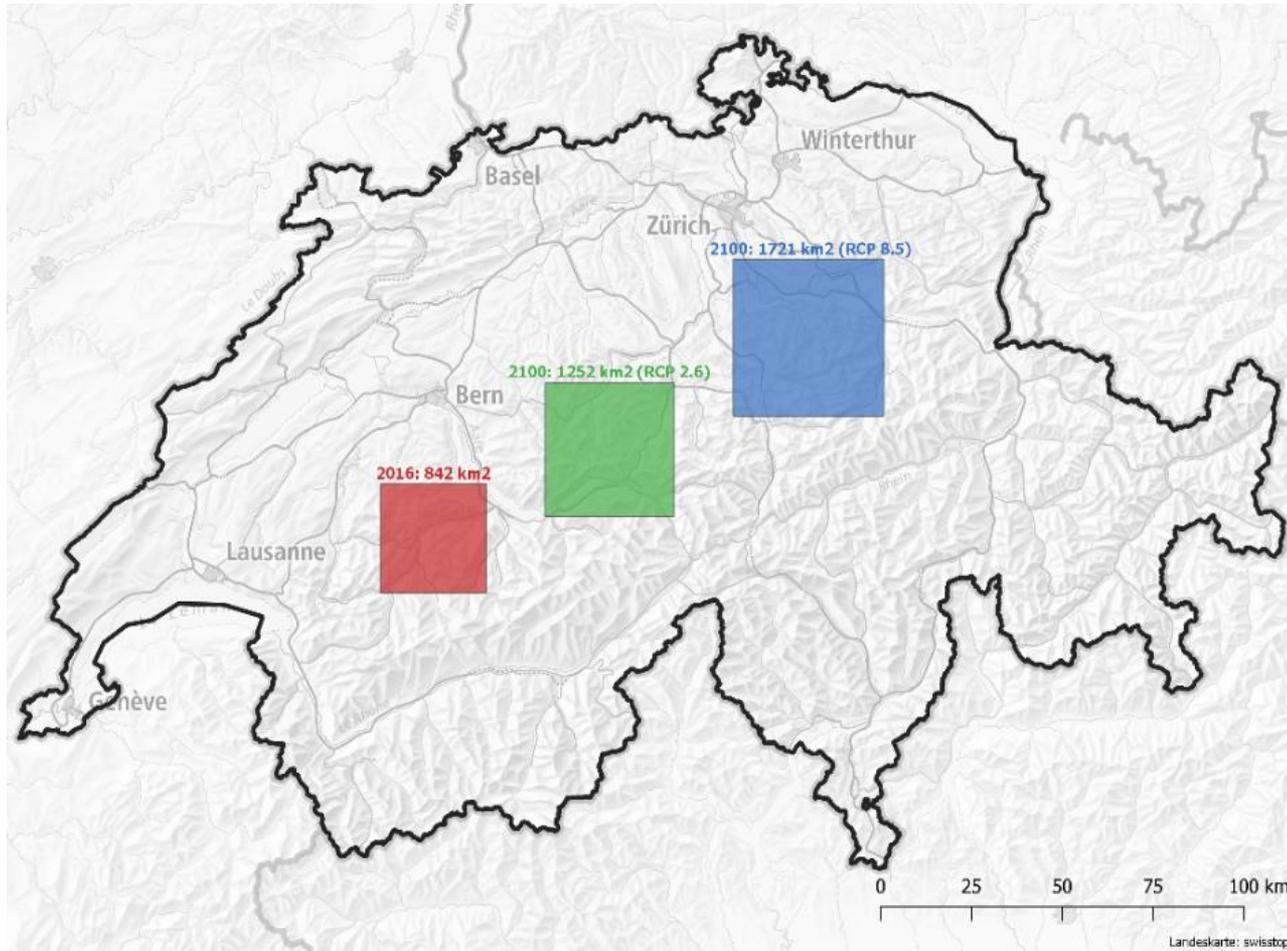
Runder Tisch Wasserkraft

- Gemeinsame Entwicklung von **15 prioritären Projekten** mit bestem Verhältnis zwischen Nutzen und Beeinträchtigung
- Kraftwerke Oberhasli mit drei Projekten vertreten:
 - Trift (0.25 TWh)
 - Vergrößerung Grimsensee (0.2 TWh)
 - Vergrößerung Oberaarsee (0.1 TWh)

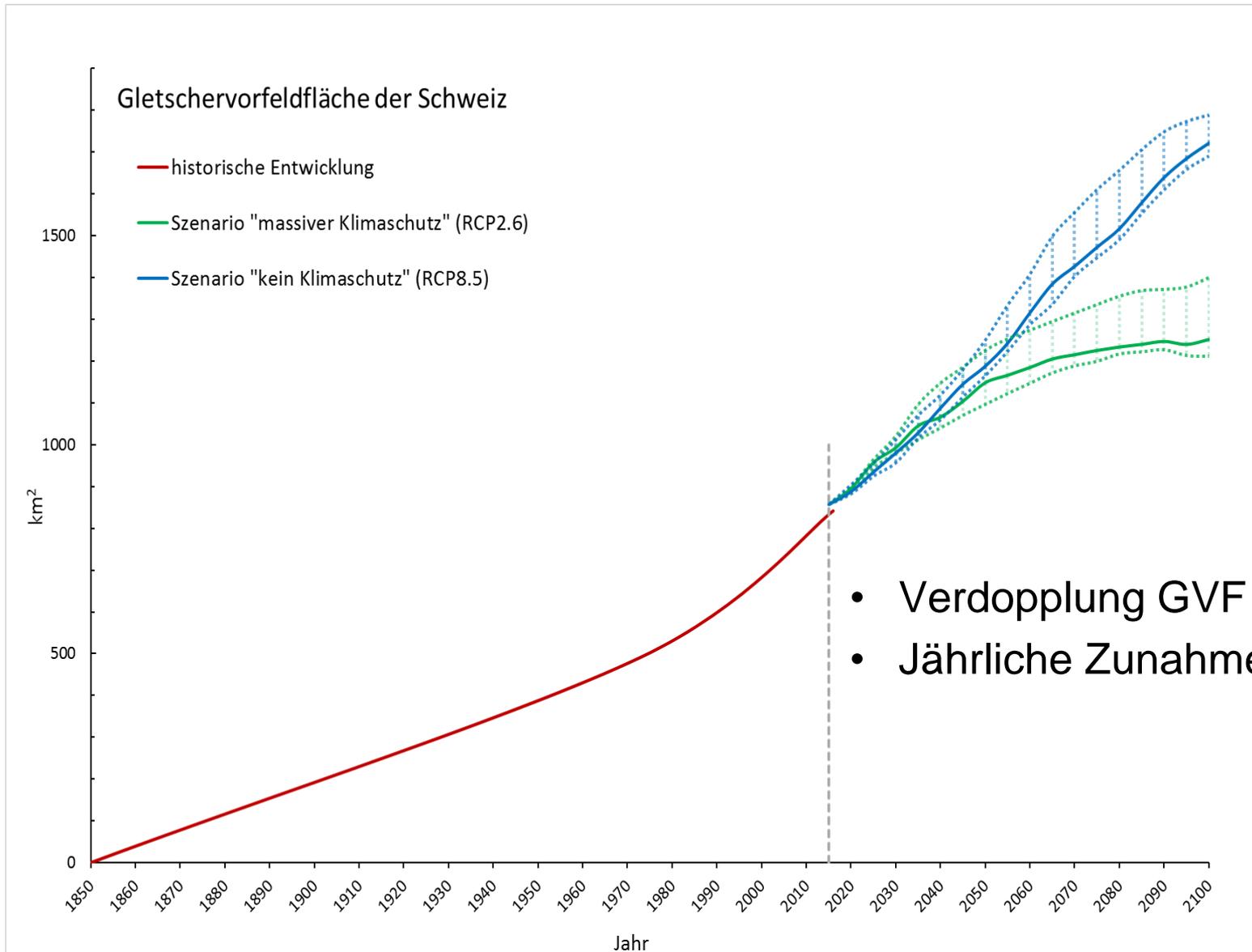


Gletschervorfelder

- Bei vielen Projekten sind Gletschervorfelder betroffen
- Die Hälfte der heutigen GVF sind geschützt (430 km² von 842 km²)
- Heute werden von der Wasserkraft 4 km² = 0.9% beeinträchtigt

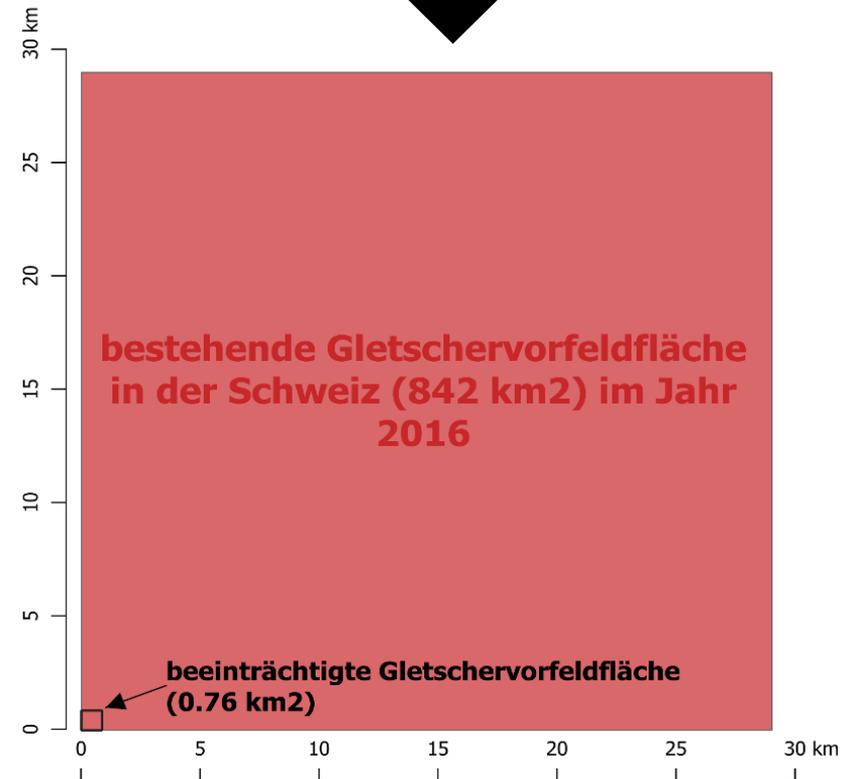
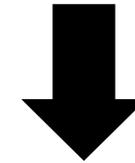
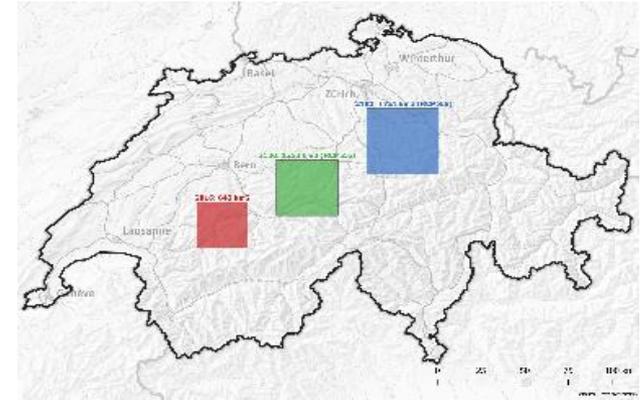


Entwicklung Gletschervorfelder in der Schweiz



GVF Projekt Trift

- Einstaufläche 0.8 km²
- 0.09% der GVF in der Schweiz
- Schweizweit innerhalb eines Monats neu gebildet (durchschnittlich)
- An der Trift innerhalb von 2 Jahren neu gebildet



GVF Projekt Trift

- Baubeginn 2024 → KWO sofort einverstanden 😊
- Inbetriebnahme 2036 → ganz so langsam sind wir Berner dann doch nicht 😊



Wo drückt der Schuh sonst noch ...

- Realisierung von Projekten
 - Sehr **langwierig**
 - Grosse **Planungsunsicherheit** hinsichtlich Schutzgebieten und Einsprachen
 - Ökonomische Perspektive häufig nicht langfristig
- Ablauf von rund **90%** der Konzessionen bis 2050
 - Hohe ökologische Anforderungen bei künftiger Restwasserabgabe → **Produktionseinbussen von > 10%** zu erwarten
 - Bei abzusehendem Heimfall **geringe Investitionsbereitschaft** bisheriger Aktionäre



2. Restwassersanierung Massnahmen (Umsetzung ab 2013)

- Restwasserabgabe an 12 Fassungen
- Nutzungsverzicht eines Gewässers
- Sanierung Fischgängigkeit (→ Fischlift)
- Dotierung Geschiebe



Restwassersanierung

Zusammenfassende Ergebnisse Fischökologie

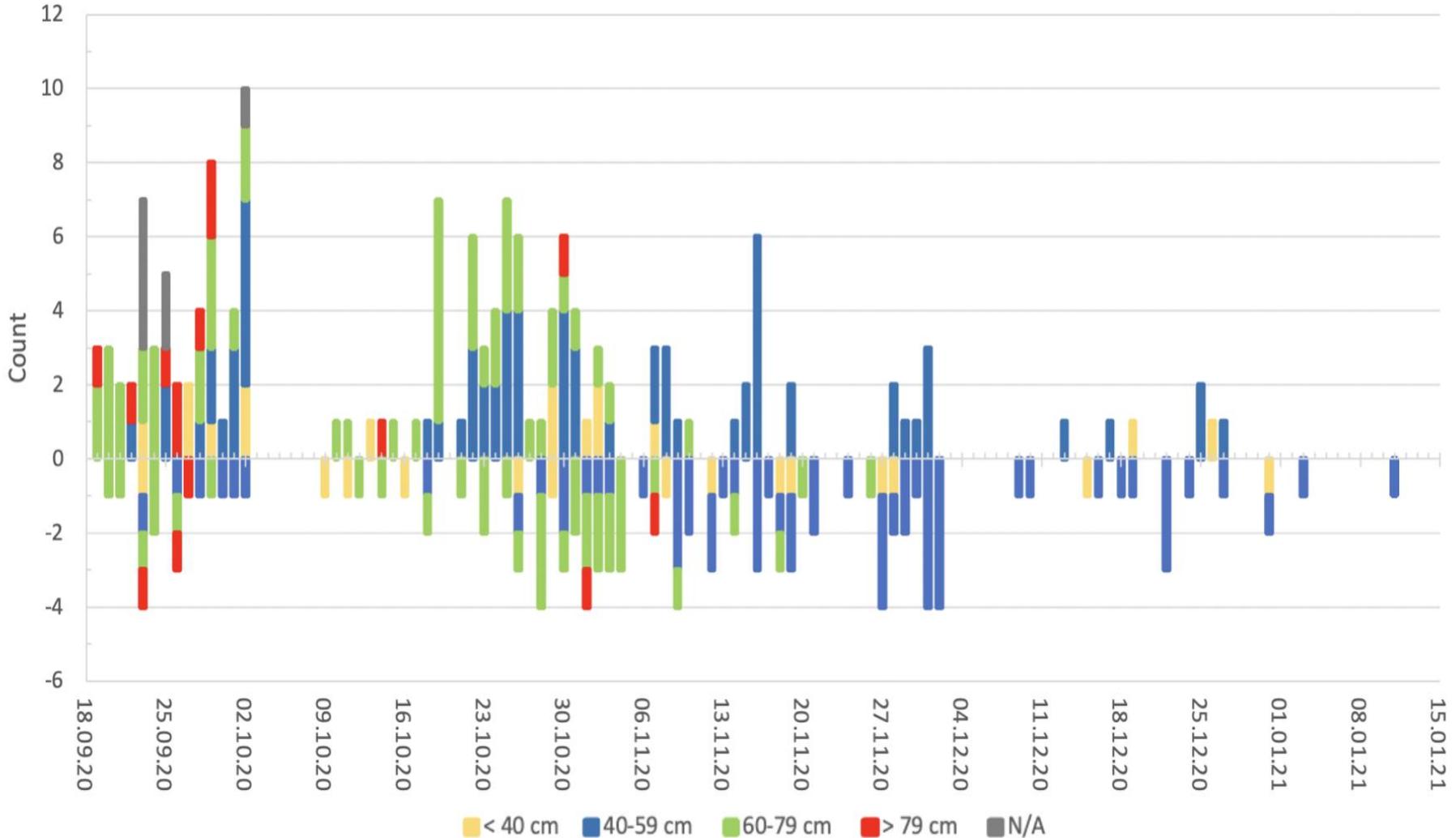
Fassung	Fisch-dichte	Populations- struktur	Reproduktion
Wenden+Stein	++	+	+
Furen	++	0	0
Hopflauenen	Seeforelle neu im unteren Gadmerwasser		
Engstlenbach	0	0	+
Leimboden	0	0	0
Räterichsbodensee	++	+	+
Handeck	+	+	++

Zwei Seeforellenzählanlagen in der Hasliaare (Restwasserstrecke, Distanz 300 m)

Masterarbeiten Greter (2021) und Reuther (2022)
BOKU + ZHAW

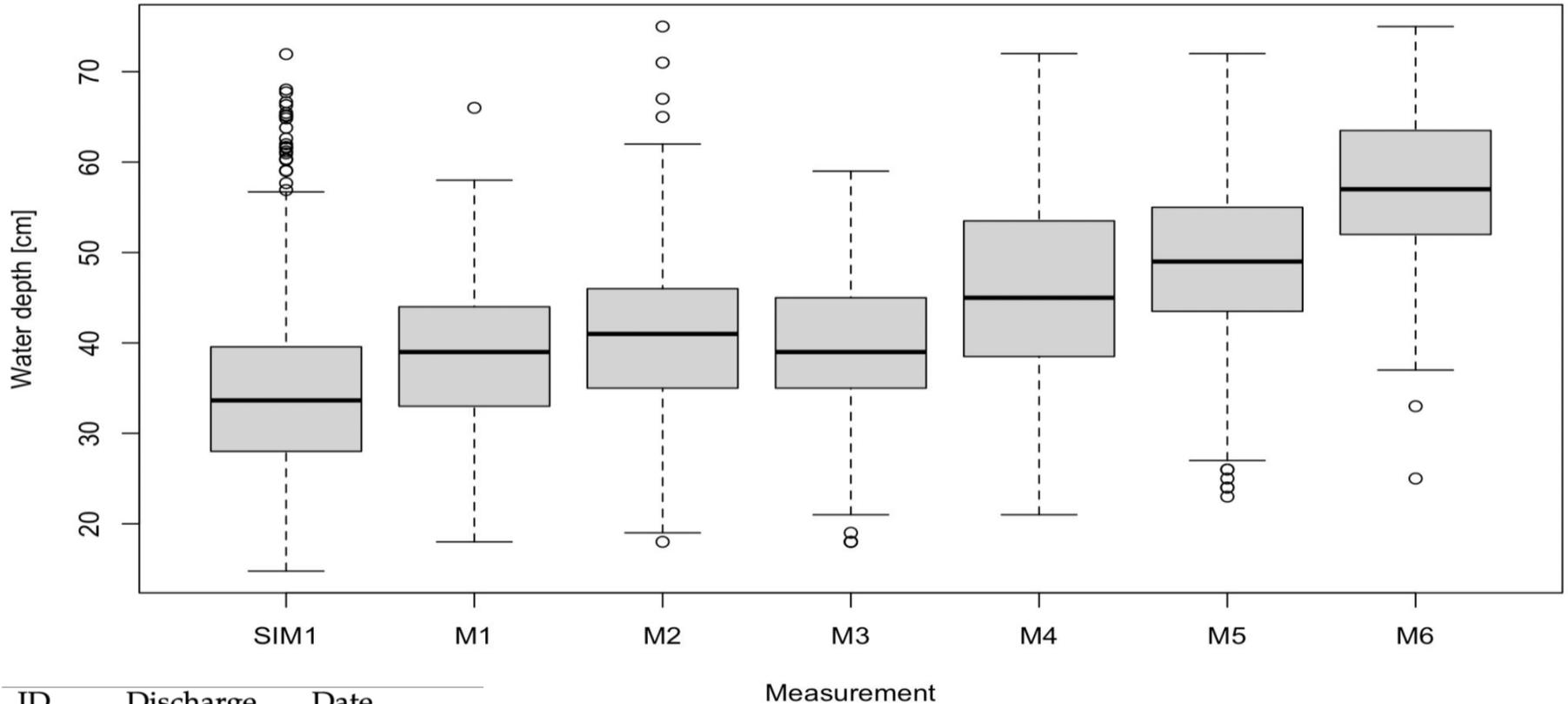


Ergebnisse Auf- und Abstieg Laichsaison 2021/22



Ergebnisse Auf- und Abstieg

Water depths between RFC 1 and 2
along the measured migration corridor



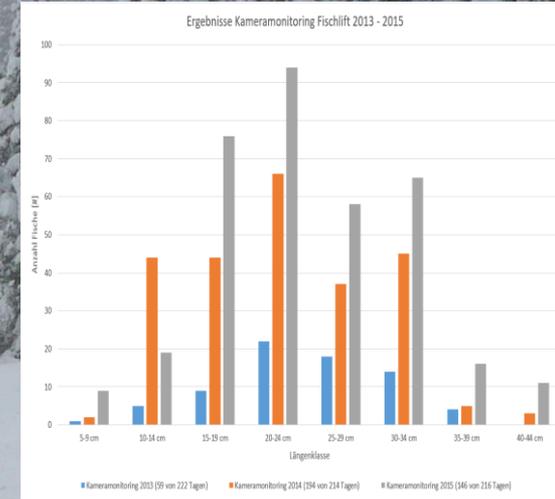
ID	Discharge [m ³ /s]	Date
SIM1	1.00	
M1	1.99	19.12.2020
M2	2.16	30.11.2020
M3	2.41	24.11.2020
M4	3.20	10.11.2020
M5	3.72	20.10.2020
M6	5.38	30.10.2020

Schlussfolgerungen des Seeforellen-Monitorings

- Stabile Population
 - Jeweils rund 130 Individuen eindeutig bestimmt
 - 2/3 Rogner, 1/3 Milchner
- Abfluss und Wassertiefen nicht limitierend für Wanderung
- Wandergeschwindigkeit: 1.5 h je 100 m für Aufstieg und 0.8 h je 100 m für Abstieg
- Wanderung fast nur in der Nacht + Dämmerung
- Wichtige Grundlagen zur Bestimmung von **angemessenen Restwassermengen** (in Anwendung bereits für Kander, Simme, Chirel)



Fischlift Führen



- Vernetzung Bachforellengewässer 1.5 km & 3 km
- Kameramonitoring bei jeder Liftfahrt
- Alle Grössenklassen vertreten
- Anzahl beförderte Bachforellen = Population unterer Abschnitt

3. Ein-Jahres-Monitoring Schwallisanierung



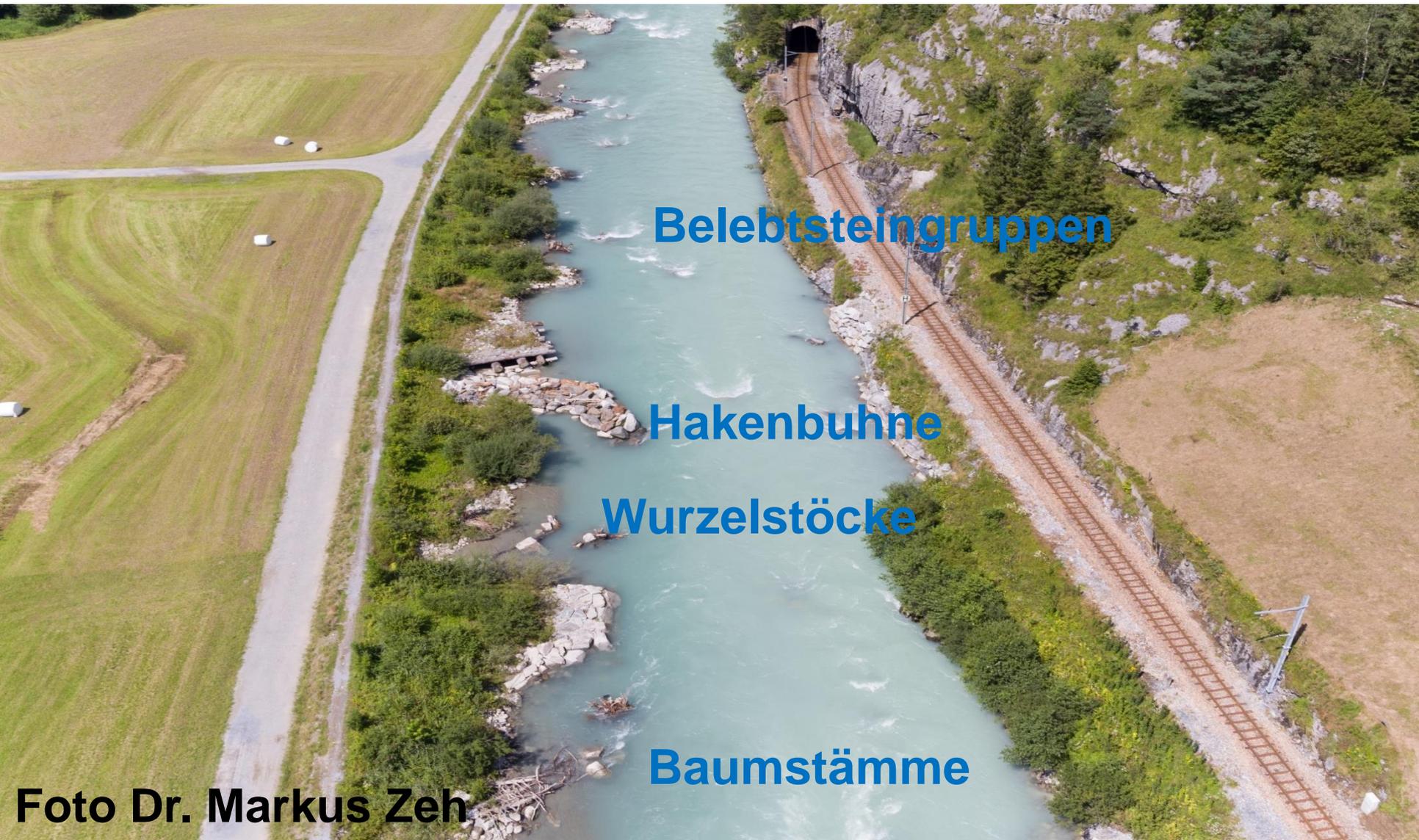
Bild: Markus Zeh



Bild: Andrea
Bernhardt

Zwischenspeicher $V = 80'000 \text{ m}^3$
zwischen Turbinen und Wasserrückgabe

Ersatzmassnahme "Musterstrecke" unterhalb Wasserrückgabe



Belebtsteingruppen

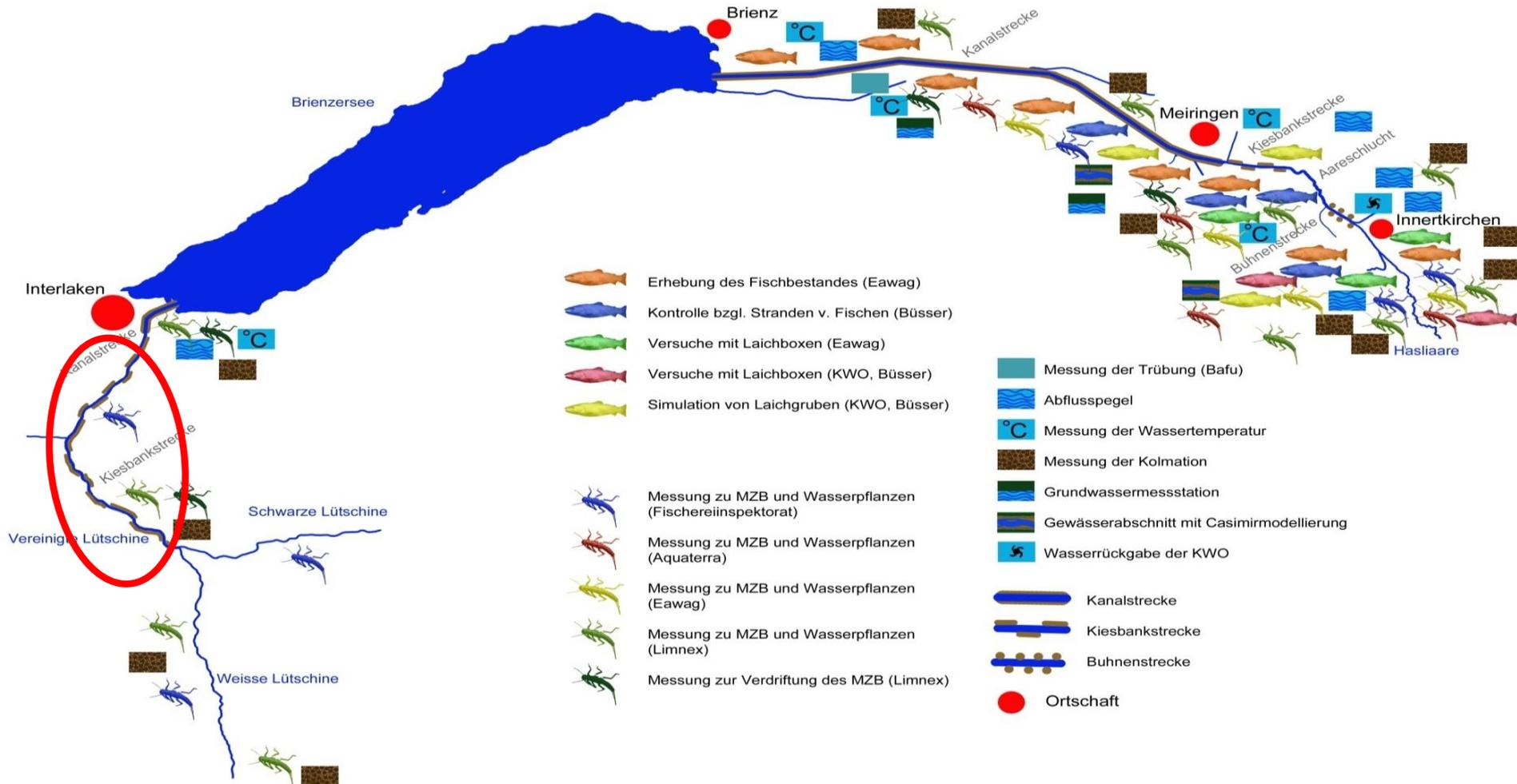
Hakenbühne

Wurzelstöcke

Baumstämme

Monitoring Schwallsanierung

Datengrundlage



Monitoring Schwallsanierung

Makrozoobenthos, Kolmation, Wassertemperatur

Indikator	Vor Sanierung	Nach Sanierung
MZB Biomasse	Yellow	Blue
MZB Artenvielfalt	Green	Green
MZB Standortgerecht	Green	Blue
Kolmation	Green	Green
Wassertemperatur	Green	Green

- Sehr gut
- Gut
- Mässig
- Unbefriedigend
- Schlecht



Monitoring Schwallsanierung

Fische

Indikator	Vor Sanierung	Nach Sanierung
Stranden		Mit optimierter Steuerung
Verlaichung		
Jungfische		Nächste Folie

Lütschine naturnah
Nicht erhoben
Referenz

Jungfische

- Bei bestehender Morphologie keine Habitate bei $Q > 20 \text{ m}^3/\text{s}$
- Natürlicher Abfluss im Mai $> 70 \text{ m}^3/\text{s}$
- Bewertung anhand von mehreren E-Befischungskampagnen
- Lütschine naturnah = sehr gut

Lütschine naturnah		Lütschine Kanal	
Sö	1+	Sö	1+

Aare Instream		Aare Kanal	
Sö	1+	Sö	1+

Sö = Sömmerling, 1+ = einjährig

Monitoring Schwallsanierung PLUS

Emergenzversuche

→ *Wann & Wie schlüpfen die Bachforellen?*



Erste Seeforellen-Laichgrube 27.10.17



Letzte Laichgrube 25.11.2017.



Monitoring Schwall-Sunk PLUS

Emergenzbox – tägliche Kontrolle



Monitoring Schwall-Sunk PLUS

Einteilung der emergierten Brütlinge

Grosser Dottersack
-> **klebten am Käfig**



Kleiner Dottersack
-> "fangbar"



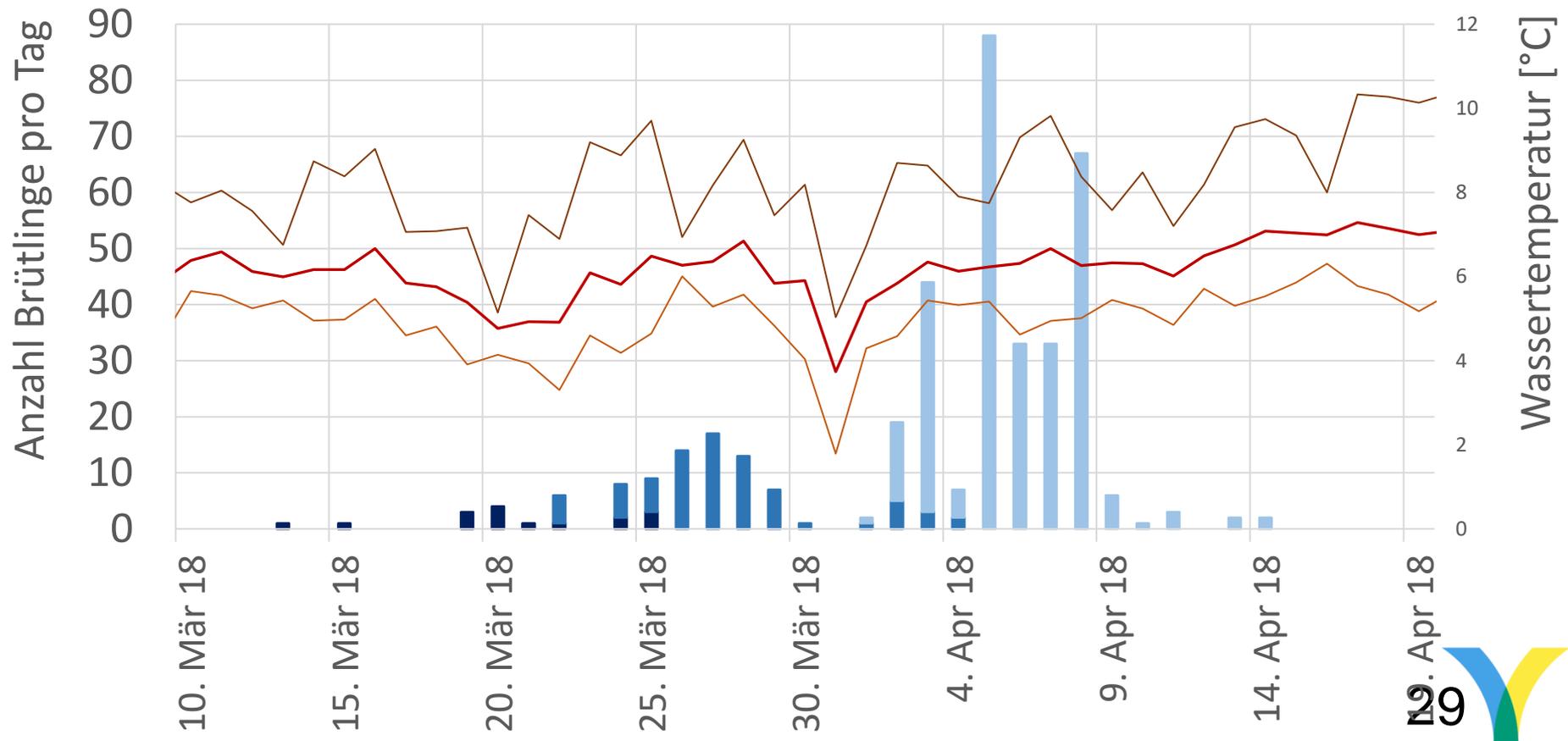
Kein Dottersack
-> mit "List"
fangbar



Monitoring Schwall-Sunk PLUS

Ergebnisse früheste Laichgrube

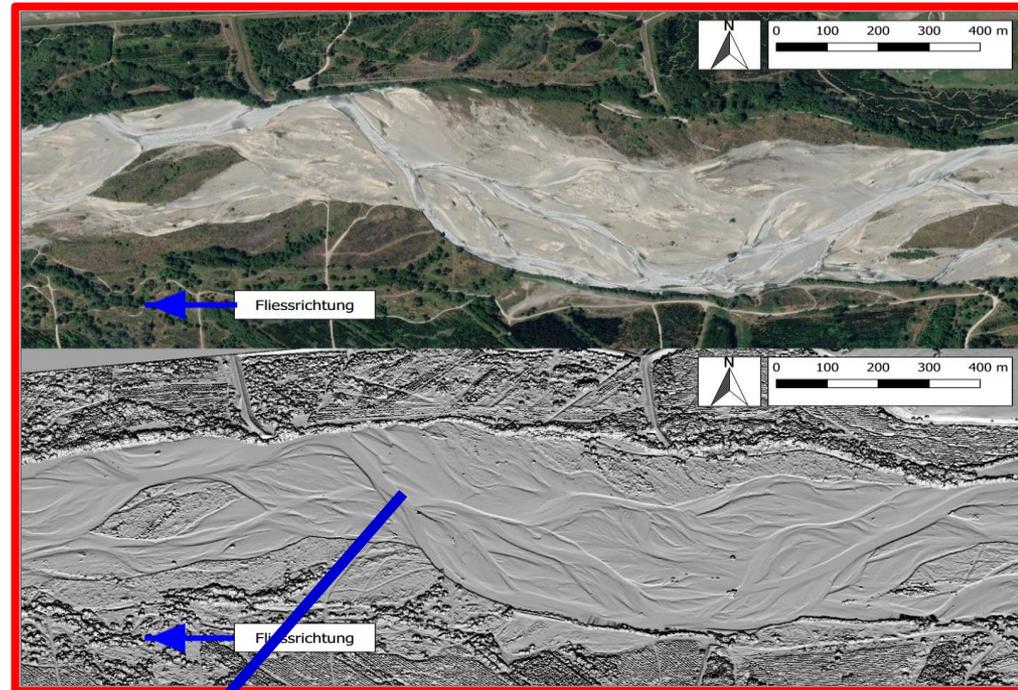
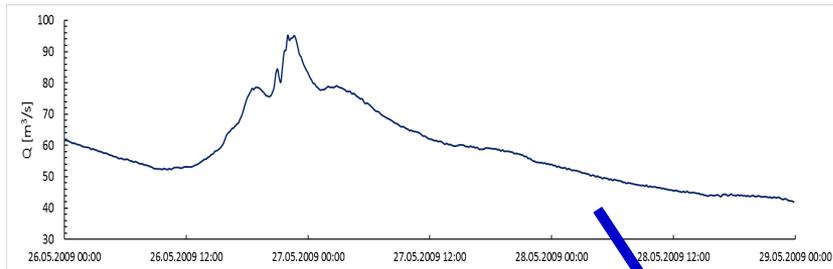
- Anzahl Brütlinge (grosser Dottersack)
- Anzahl Brütlinge (kleiner Dottersack)
- Anzahl Brütlinge (ohne Dottersack)



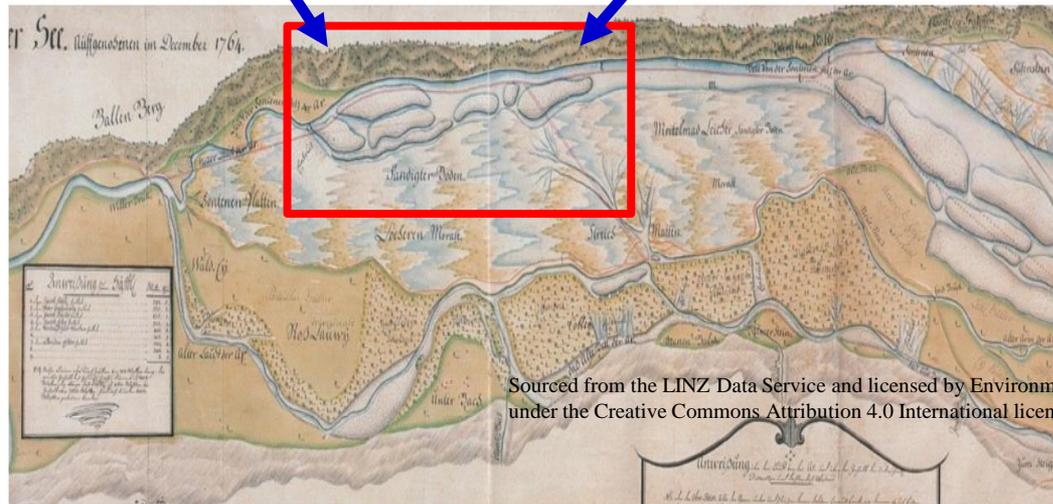
Was passiert eigentlich in natürlichen Systemen ???

Herleitung Natürliches
Abflussregime mit Abflussdaten
Lütschine (MQ $\approx 20 \text{ m}^3/\text{s}$) und
Hasliaare vor KWO

Ashley River (Neuseeland) MQ=28 m³/s



Hasliaare Anno
"dazumal"
MQ = 35 m³/s



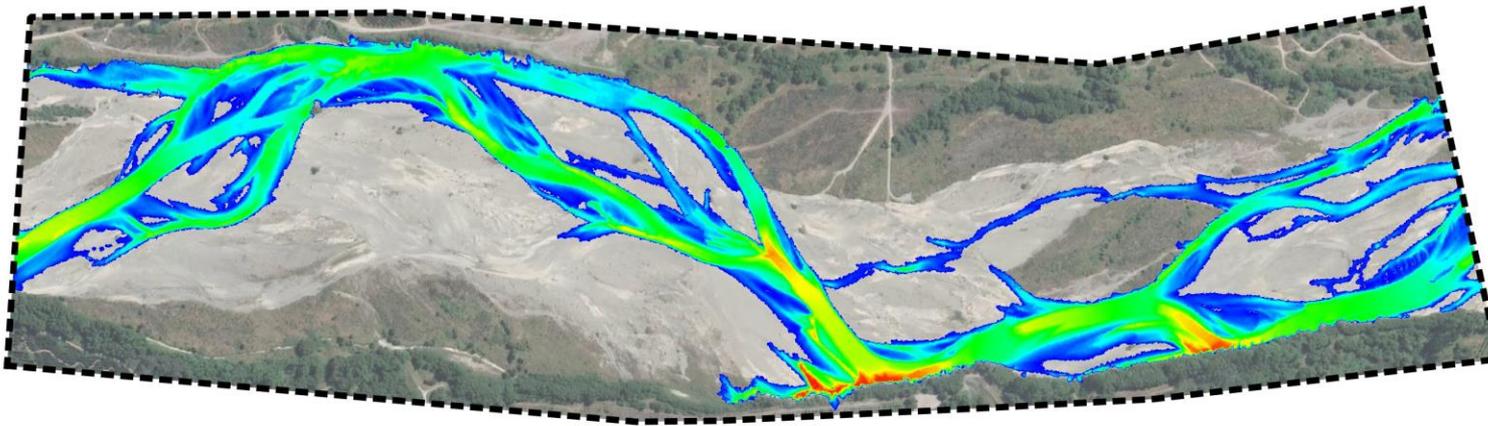
Sourced from the LINZ Data Service and licensed by Environment Canterbury Regional Council, for re-use under the Creative Commons Attribution 4.0 International licence



Hydraulische Modellierung mit Basement

Simulation der Fliesstiefen bei $30 \text{ m}^3/\text{s}$

0 500 1000 1500 2000 m

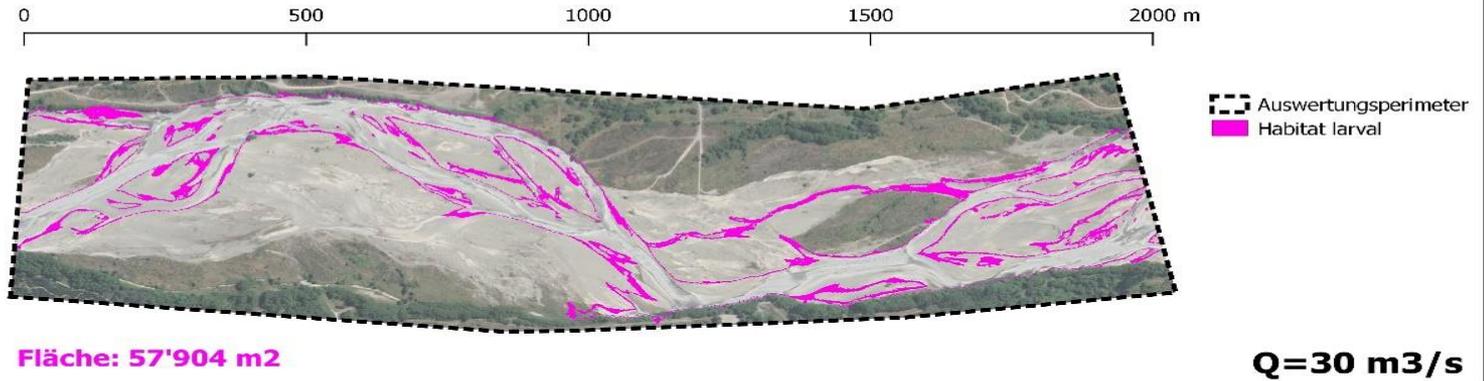


-  Auswertungsperimeter
- Fliesstiefe [m]
-  0.001
-  0.375
-  0.750
-  1.125
-  1.500

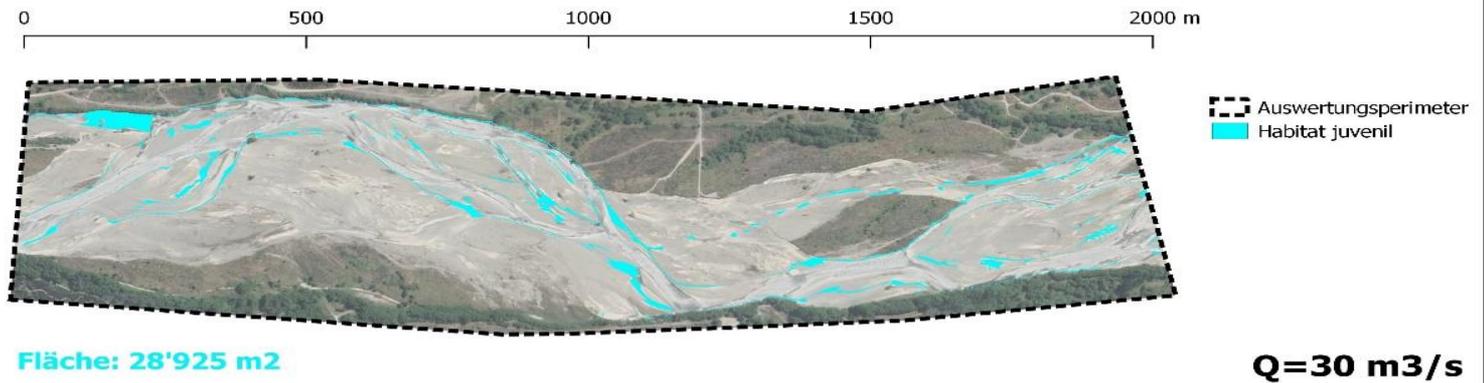
$Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$

Hydraulisches Modell + Präferenzkurven

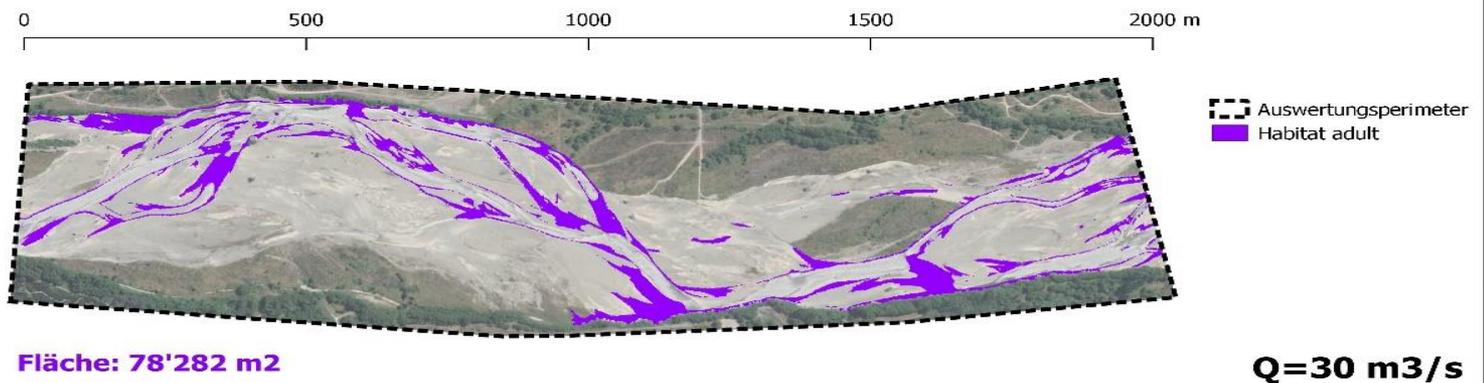
Larven



Juvenile



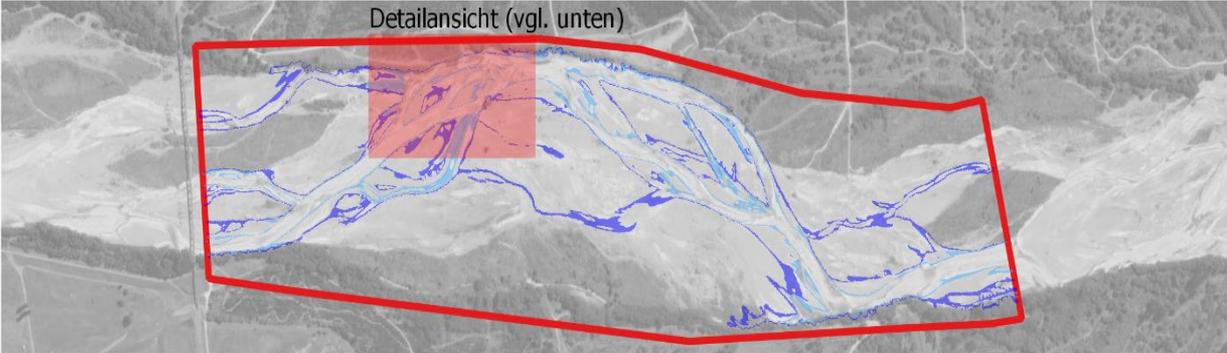
Adulte



Larval-Habitate im März-April für natürliches Abflussregime vs. Schwall-Sunk-Regime

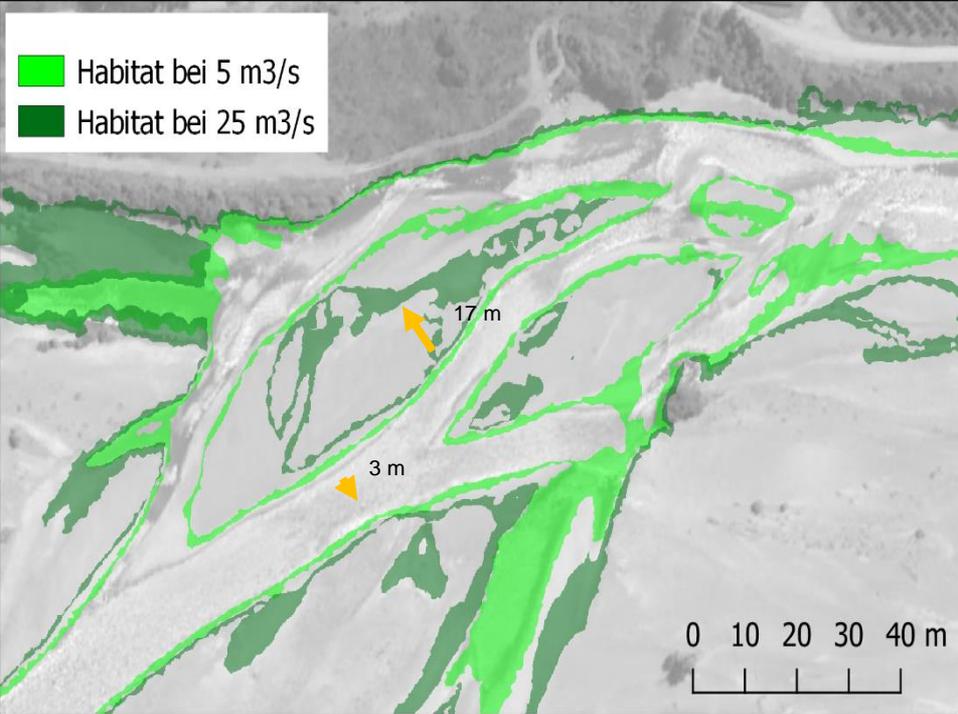
Altersstadium: larval

Gewässer: Hasliaare
Abschnitt: natürliche Morphologie
Saison: Frühling (März-April)
Perzentile: 20% / 80%



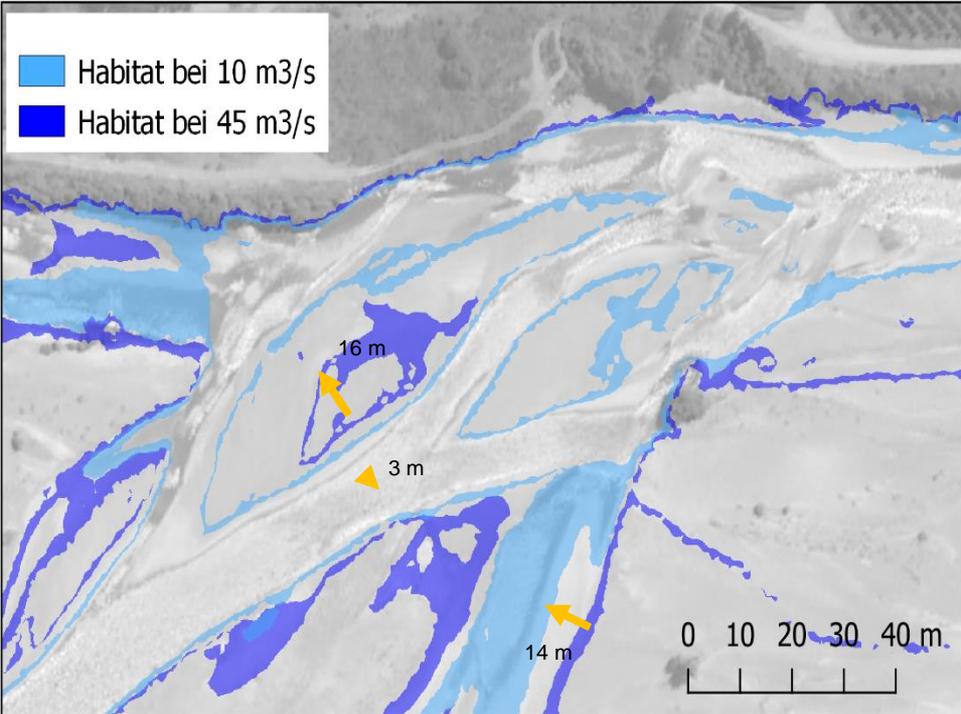
geeignete Habitate bei natürlicher Hydrologie

- Habitat bei 5 m³/s
- Habitat bei 25 m³/s



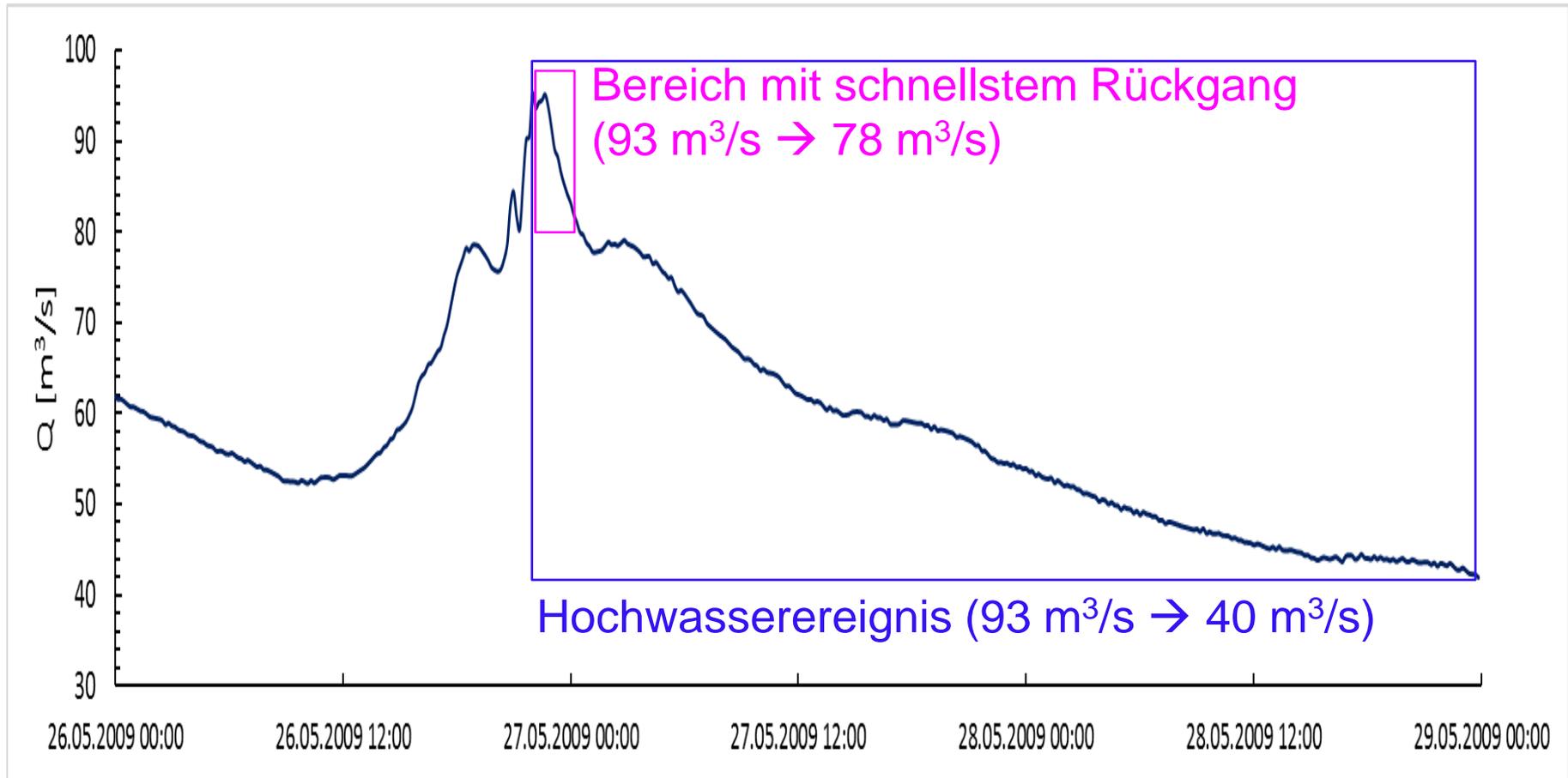
geeignete Habitate bei Schwall-Sunk Regime

- Habitat bei 10 m³/s
- Habitat bei 45 m³/s



Natürliches Strandungsrisiko bei Hochwasserereignissen

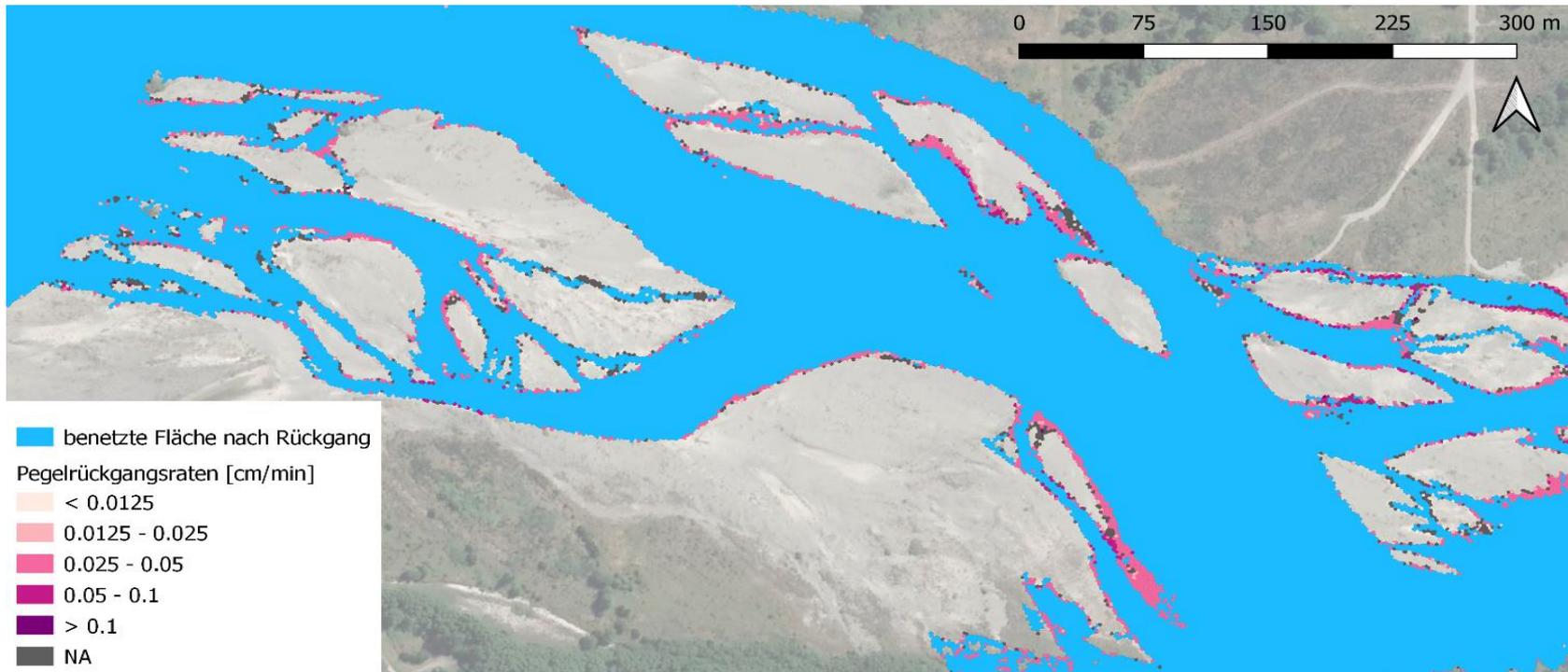
- Analyse für Hochwasserereignis mit schnellstem gemessenem Abflussrückgang (2009-2019)



Natürliches Strandungsrisiko bei Hochwasserereignissen

Untersuchung der Pegelrückgangsraten

- Fokus auf Bereich mit schnellstem Abflussrückgang ($93 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 78 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Abflussrückgangsrates $= -0.08 \text{ (m}^3/\text{s)/min}$
- Dauer rund 3h



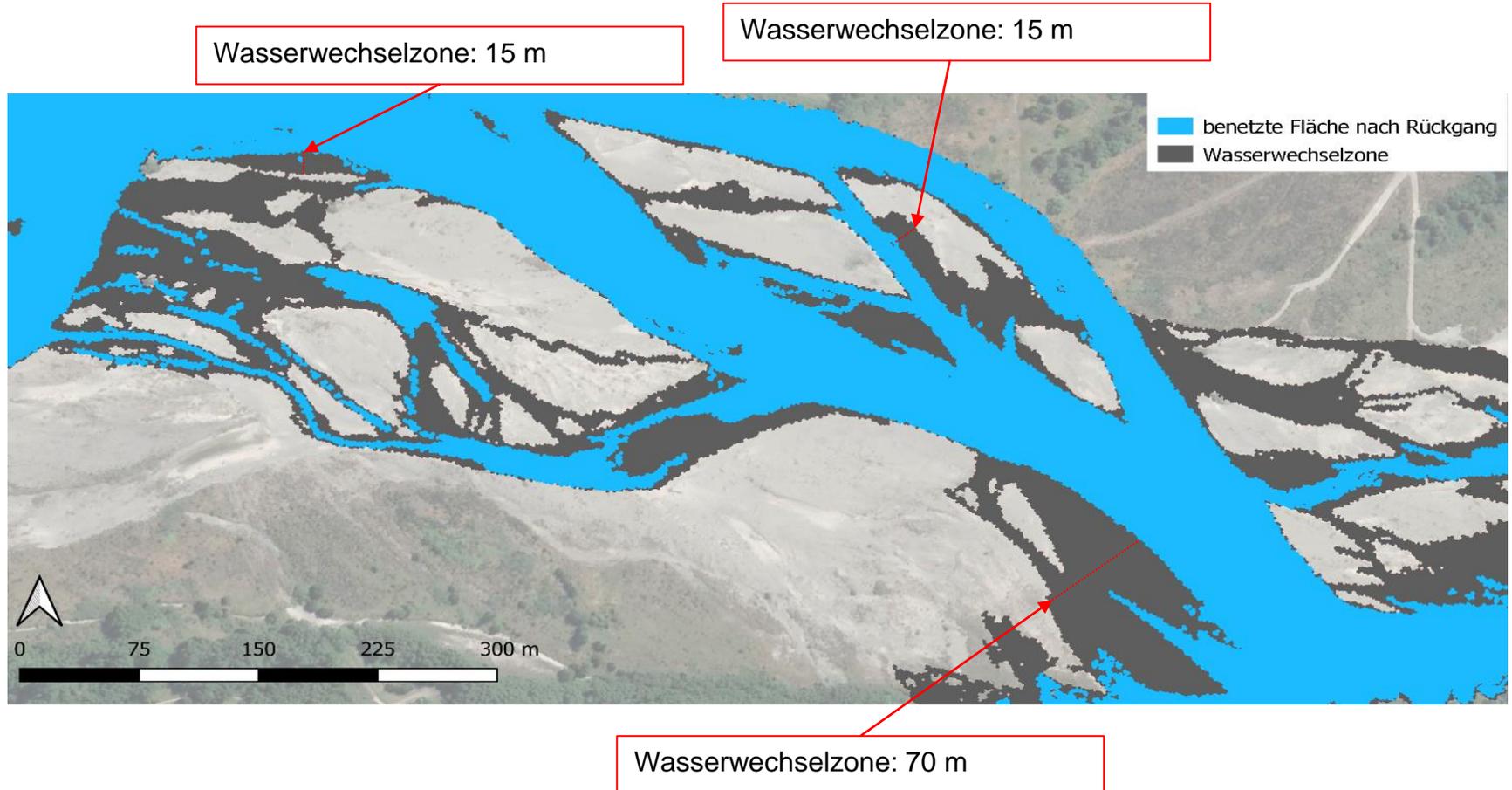
→ **80%** der berechneten Pegelrückgangsraten (pro Modellzelle ein Wert) sind kleiner als -0.05 cm/min

Natürliches Strandungsrisiko bei Hochwasserereignissen

Untersuchungen der Wasserwechselzone

→ Betrachtung des ganzen Hochwasserereignisses ($93 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 40 \text{ m}^3/\text{s}$)

→ Dauer rund 48 h



→ **Wasserwechselzonen bis zu 70 m**

Fazit



*KWO-Slogan:
"Wasserkraft in Partnerschaft mit der Natur"*

→ Reibung erzeugt Energie ... nicht zu viel und nicht zu wenig 😊

Zielwerte bei der Wasserrückgabe

Parameter	Ökologische Relevanz	Zielwert (5 / 95%-Percentil)	Wert 1-Jahres-monitoring (5 / 95 %-Percentil)
Sunk-abfluss	Verfügbare Habitate	$> 3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$	$4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
Schwall-rate	Verdriftung	$0.7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{min}^{-1}$	$0.8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{min}^{-1}$
Sunkrate	Stranden	$-0.14 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{min}^{-1}$	$-0.25 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{min}^{-1}$

- Verbesserung der Durchflussmessungen
- Anpassungen am Steuerungsalgorithmus

Monitoring Schwall-Sunk

Kurzbeschreibung der Schwallstrecke

**Buhnenstrecke
Innertkirchen**



Breite: 25 m

**Kiesbankstrecke
Meiringen**



Breite: 25 m

**Kanalstrecke
Meiringen-Brienz**



Breite: 18 m



Strandungsversuche 2019 & 2021

- *Mit Wildfischen (Larven)*
- *Knapp 40 Versuche*
- *Wasserwechselzone (WWZ) bis 11 m*
- *Pegelrückgangsraten (PRR) zwischen 0.02 cm/min und 3 cm/min*
- *Wiederfinderate im Schnitt 95%*
- *Strandungsrisiko abhängig von WWZ und PRR*

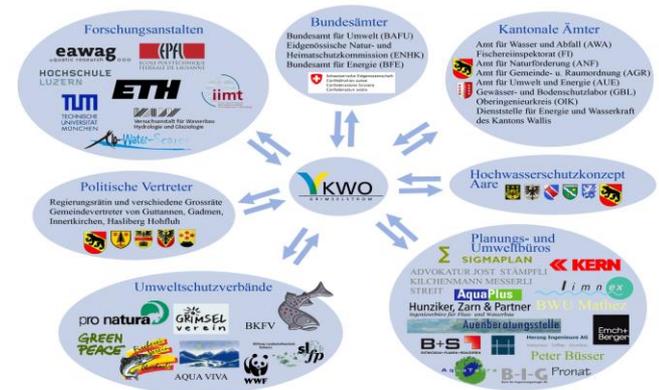


Ausserdem bleiben wir ... im Gespräch mit unseren Anspruchsgruppen

am Ball ...

... angewandte Forschung zu Fragen

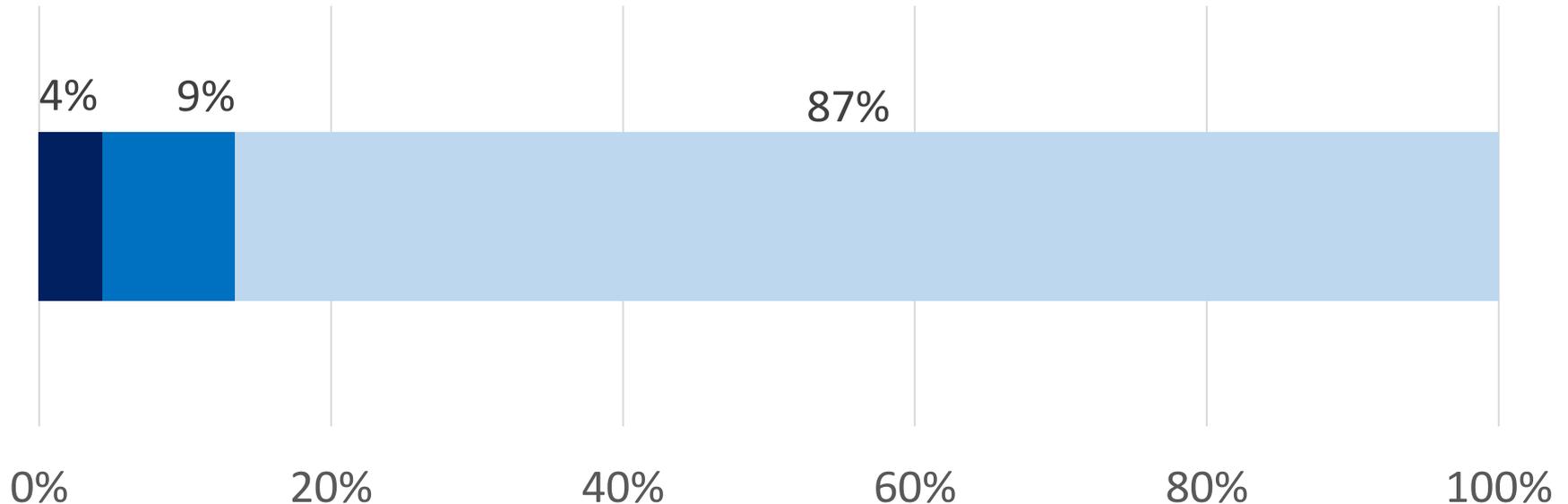
- Seeforellen in Lüttschine (Master Meier 2023), Kander und Simme
- Emergenz von Bachforellen in Saane und Dreiwässerkanal (Master Wagner 2023)
- Sanierung Geschiebehaushalt
- Entwicklung Gletschervorfelder



Monitoring Schwall-Sunk PLUS

Emergency trials – Results

Total number of emerged rainbow trout larvae = 1554



■ Brütlinge mit grossem Dottersack ■ Brütlinge mit kleinem Dottersack

■ Brütlinge ohne Dottersack

Restwassersanierung

Monitoringprogramm nach 1 & 5 Jahren

- **Elektrobefischungen**
(Büsser, FI, KWO)
- **Erhebungen Makrozoobenthos**
(Limnex AG)



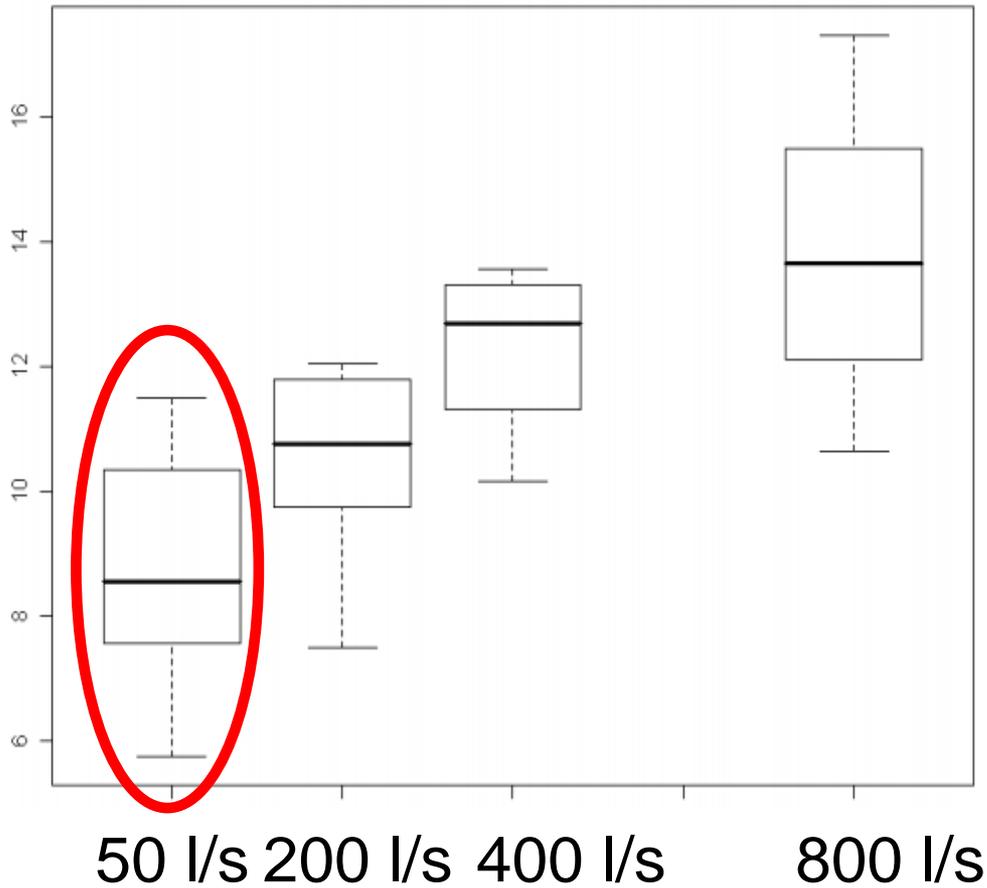
- **Abflussmessungen**
(BWU)
- **Ökohydraulik (v,h,b) & Fotodokumentation**
(Sigmaplan, KWO)

Methodisches Vorgehen Bewertung Ökohydraulik

Gadmerwasser, Chaistenlamm

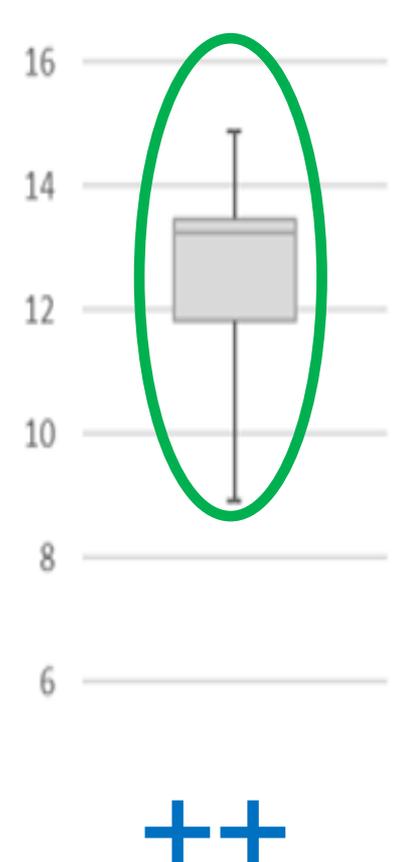
Dotierung vor Sanierung: 50 l/s

Benetzte Breite (m)



Dotierung

nach Sanierung 300 l/s



++



Restwassersanierung

Ergebnisse Ökohydraulik wichtigste Fassungen

Fassung	Benetzte Breite	Max. Fließgeschwindigkeit	Tiefe	Bemerkungen
Wenden	++	+	0	
Stein	+	++	0	
Furen	0	++	+	
Hopflauenen	++	+	+	
Engstlenbach	0	++	+	
Leimboden	++	0	0	
Handeck	+	++	0	

<https://vimeo.com/354158427>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

04/11/2018 13:28:31

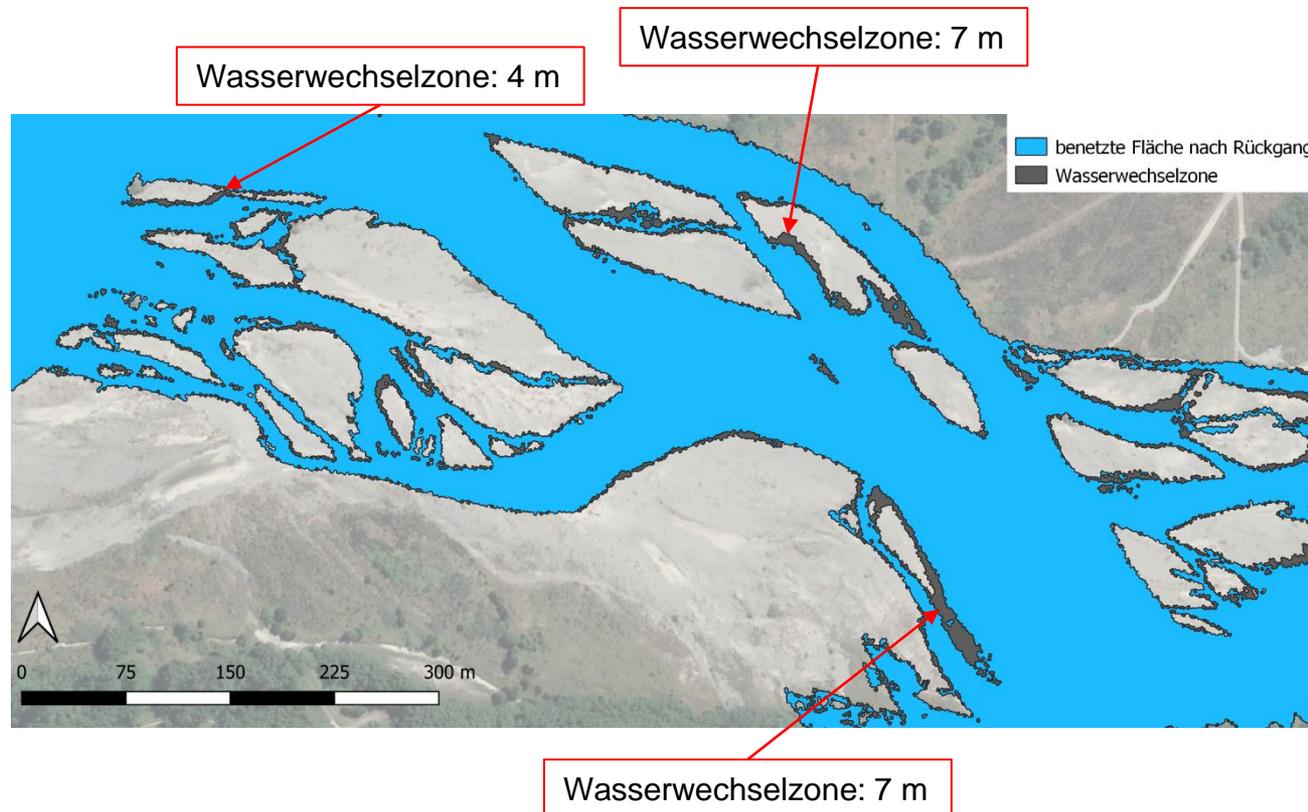
Natürliches Strandungsrisiko bei Hochwasserereignissen

Untersuchungen der Wasserwechselzone

→ Fokus auf den Bereich beim Hochwasser mit den **schnellsten Abflussrückgang** ($93 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 78 \text{ m}^3/\text{s}$)

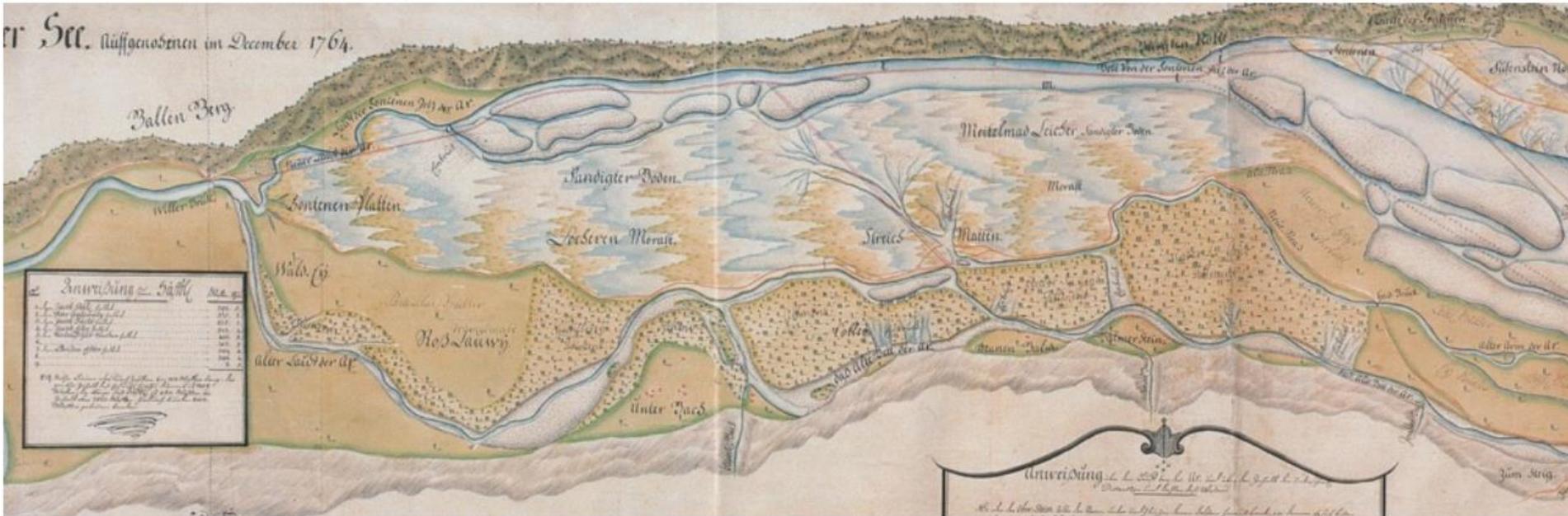
→ Abflussrückgangrate $= -0.08 \text{ (m}^3/\text{s)/min}$

→ **Dauer rund 3h**



Die Simulation zeigt Wasserwechselzonen von mehreren Metern für die Phase des schnellsten Abflussrückganges in der Hochwasserganglinie.

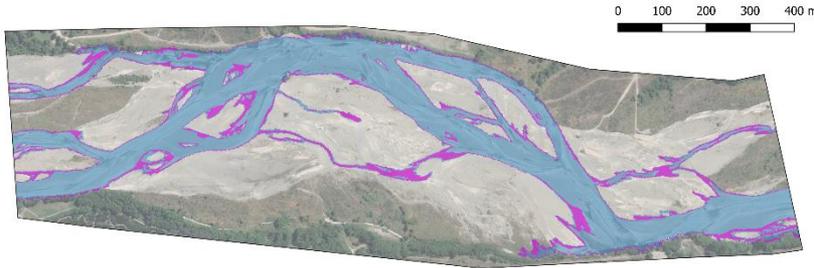
Gerinnemorphologie Hasliaare um 1764



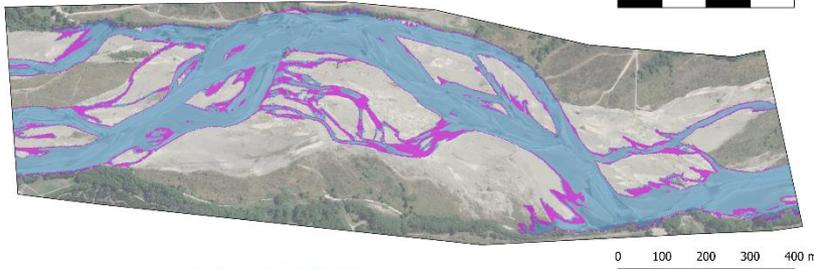
Wie soll diese natürliche Morphologie simuliert werden?

Habitatmodellierung bei unterschiedlichen Abflüssen

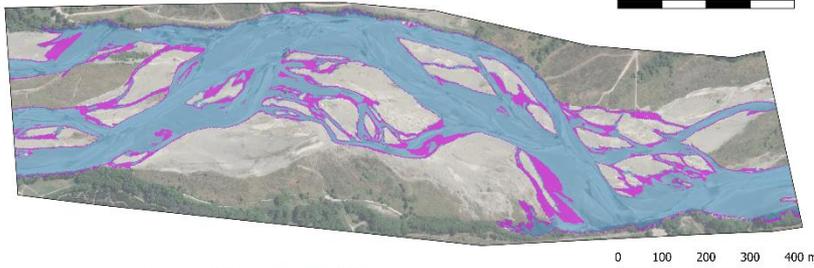
Q= 45 m³/s



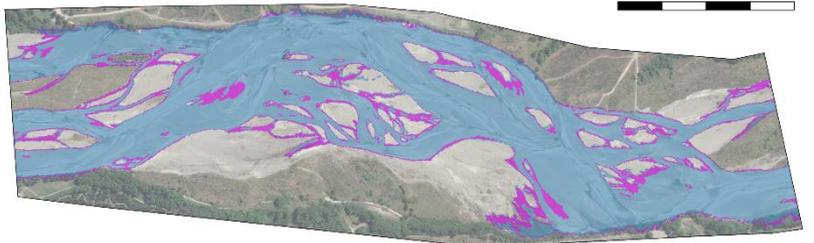
Q= 60 m³/s



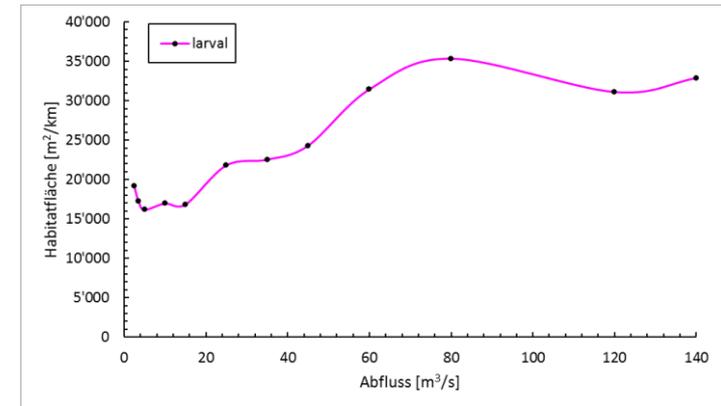
Q= 80 m³/s



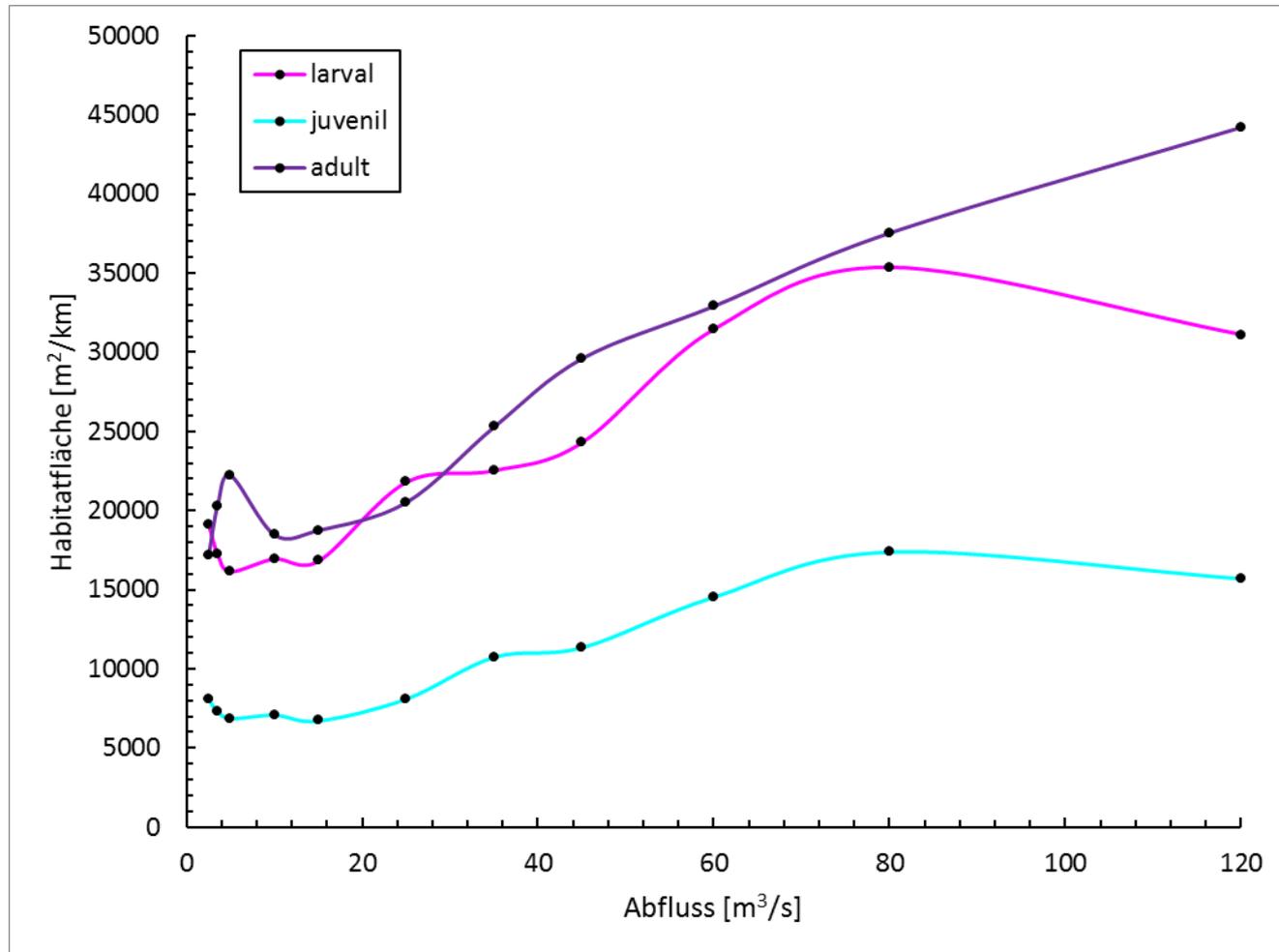
Q= 120 m³/s



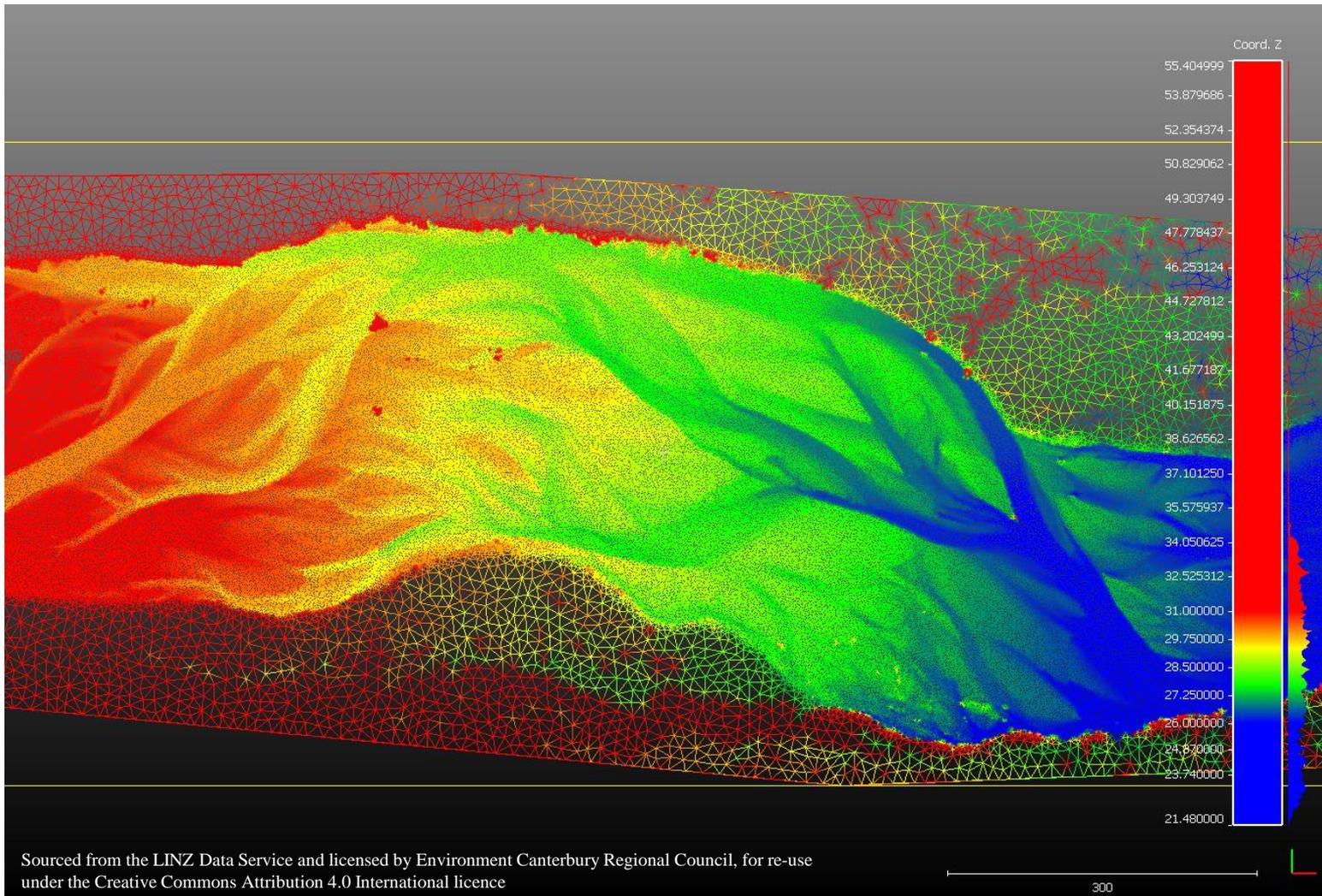
■ larval Habitat
■ benetzte Fläche minus Larvalhabitat



Habitatkurven



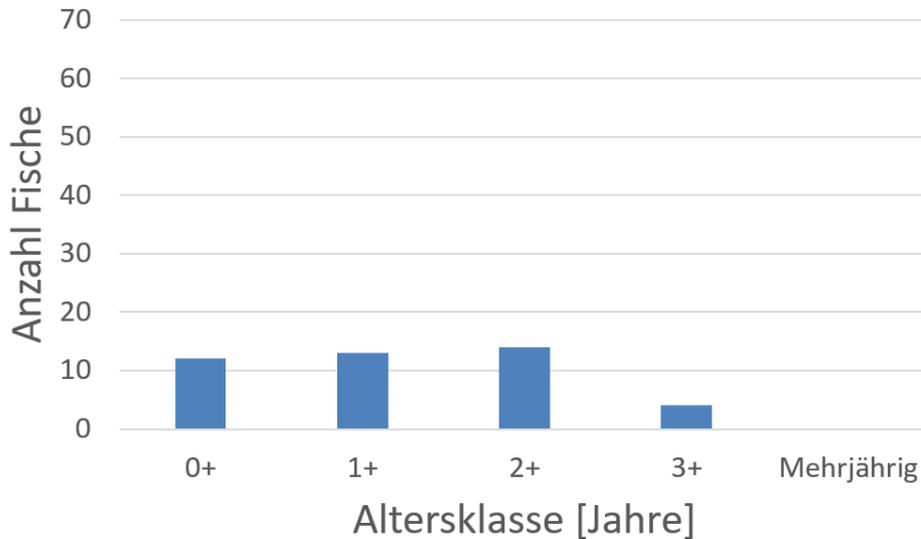
natürliche Morphologie



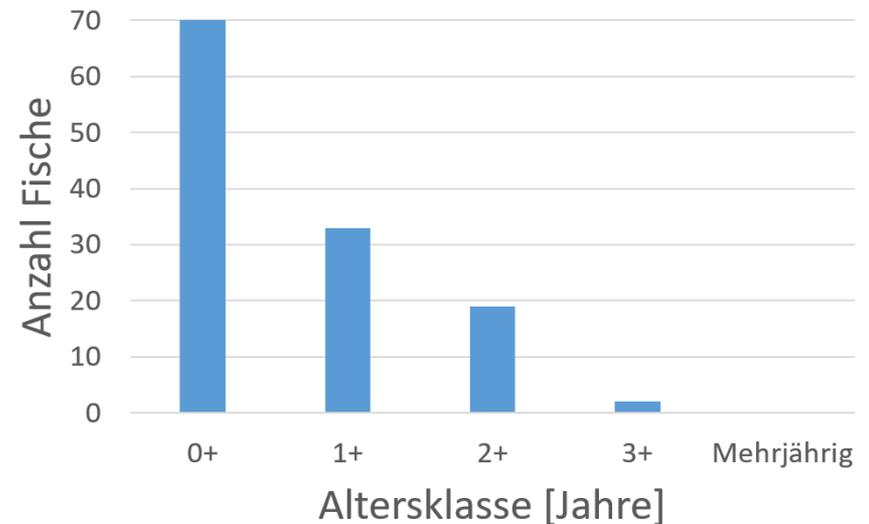
Beurteilung Fische

Beispiel Fische: Aare, Rotlauri

Vor Sanierung (27.01.2012)



Nach Sanierung (13.08.2018)



Fischdichte: +

Populationsstruktur: ++

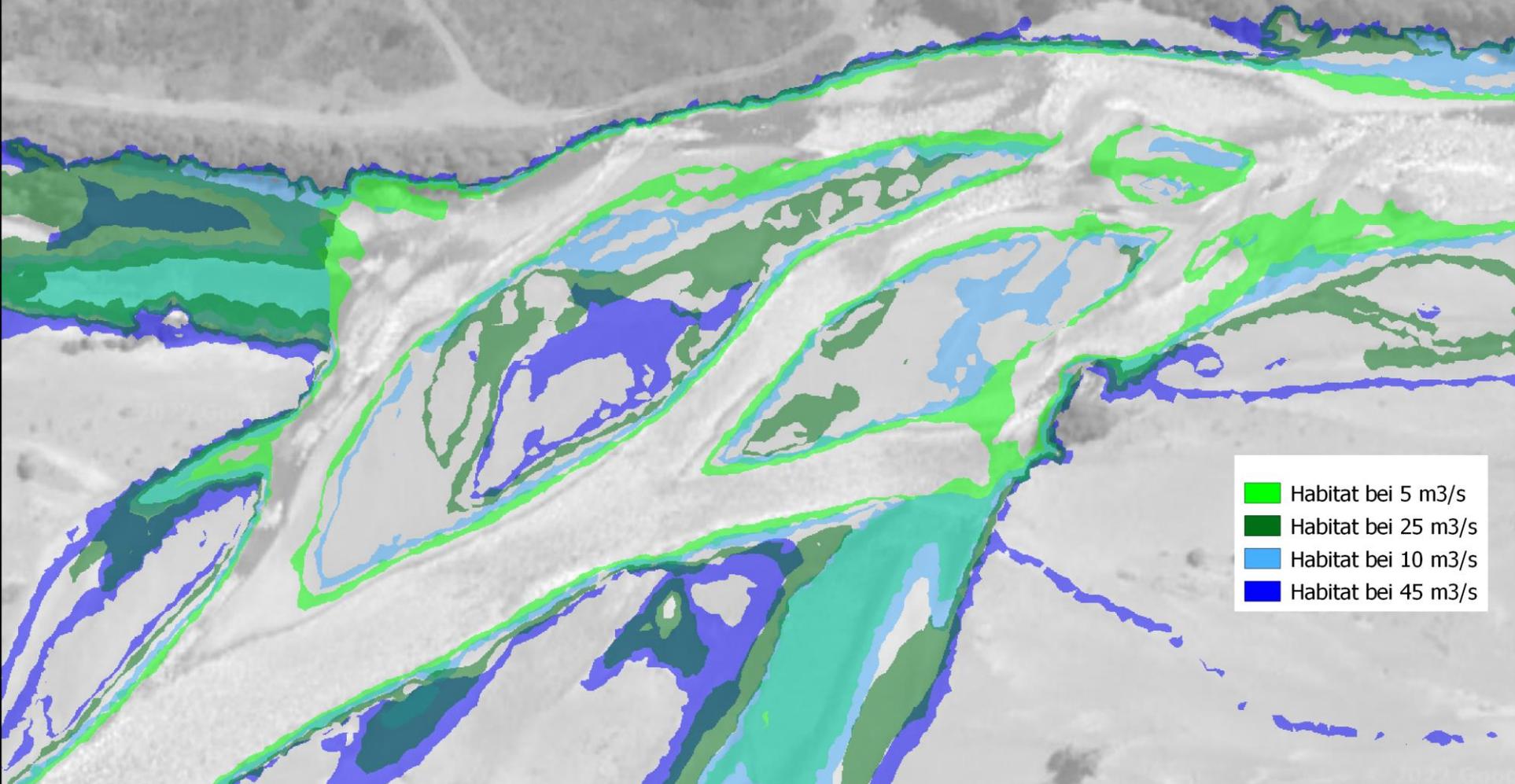
Reproduktion: ++

Veränderung der Habitate bei natürlicher Hydrologie und Schwall-Sunk Regime

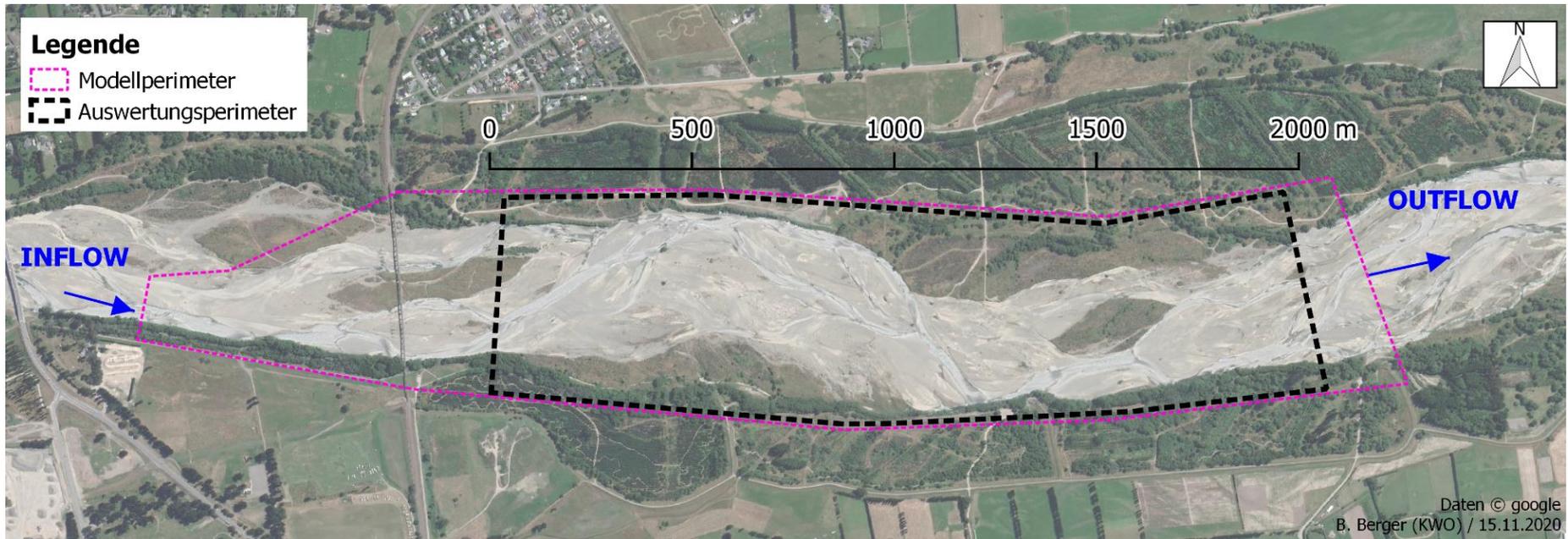
Altersstadium: larval

geeignete Habitate bei Schwall-Sunk Regime

0 25 50 75 100 125 m

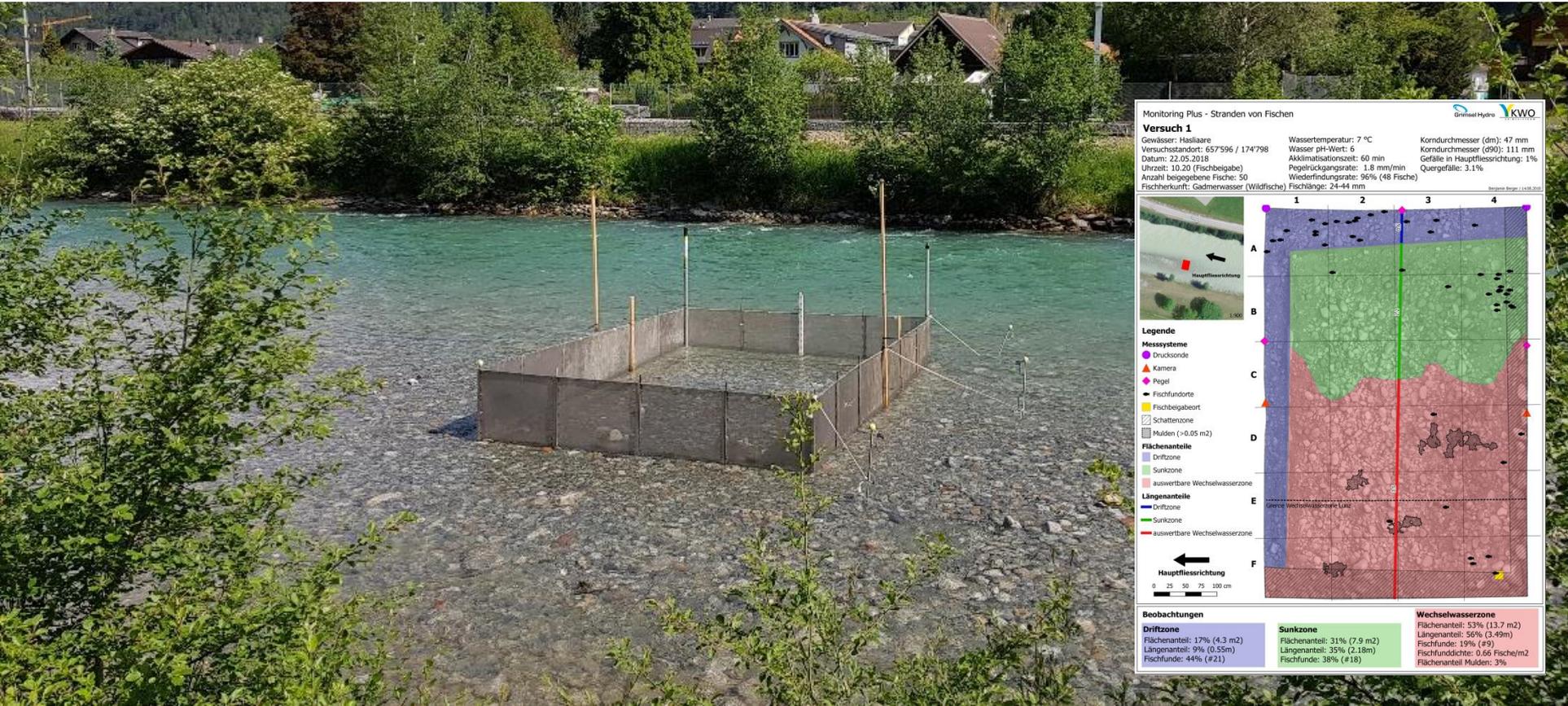


Aufbau eines numerisch hydraulischen 2D-Modells



Akt 3: Monitoring Schwall-Sunk plus Strandungsversuche mit Wildfischen

- Überprüfung Resultate der Versuche von Lunz unter **reellen Bedingungen** in der **Hasliaare**
- **Aktuell: Auswertung** der Versuche





[Video: https://vimeo.com/243466993](https://vimeo.com/243466993)



Ergebnisse Seeforellenmonitoring (Gadmerwasser)

Anzahl erfasste Bewegungen	100
Individuen genaue Bewegungen	62
Anzahl identifizierte Individuen	W = 14 M = 12
Tier mit häufigsten Bewegungen	21
Abschätzung gesamthaft aufgestiegener Individuen	36

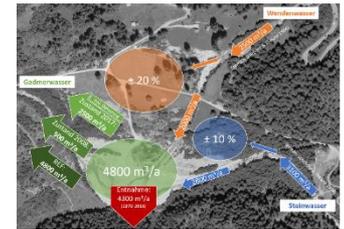
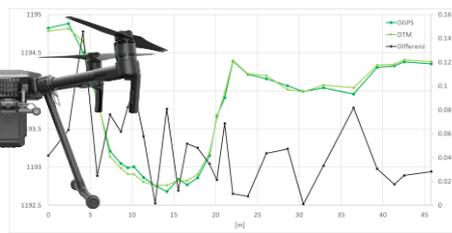
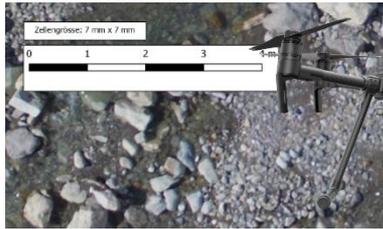
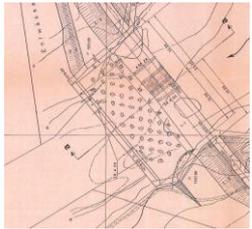
	Milchner (M)	Rogner (W)
Median	57 cm	50 cm
Maximum	80 cm	72 cm

Geschiebedotterung im Rahmen der Restwassersanierung

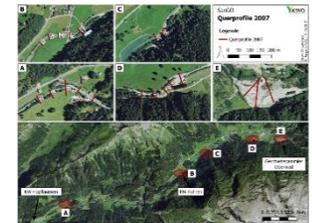
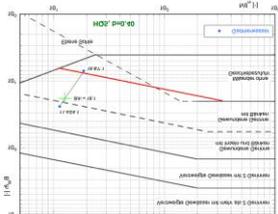


Neubeurteilung Sanierung Geschiebe mit aktueller Vollzugshilfe (Pilotprojekt)

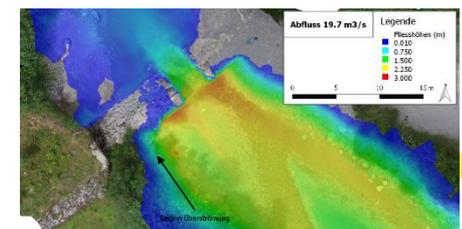
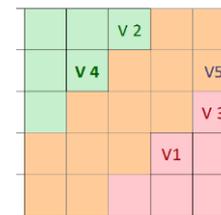
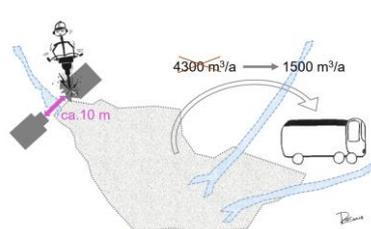
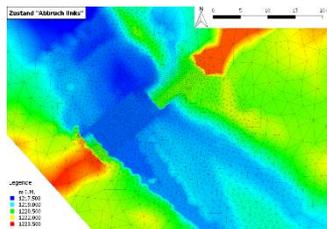
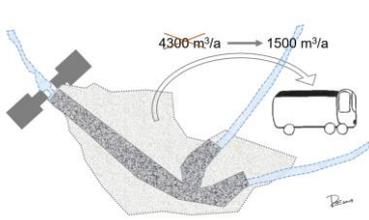
Ist- und Referenzzustand



Sanierungsziel festlegen



Massnahmen ausarbeiten – bewerten und auswählen



5. Fazit

... was wollen wir?

Kompromiss Kraftwerk und Ökologie

Energie x%

Ökologie y%

$x + y > 100\%$

Win-Win?

**Nur Kraftwerk –
keine Ökologie**

Energie 100%

Ökologie 0%

Win-Lose

**kein Kraftwerk –
nur Ökologie**

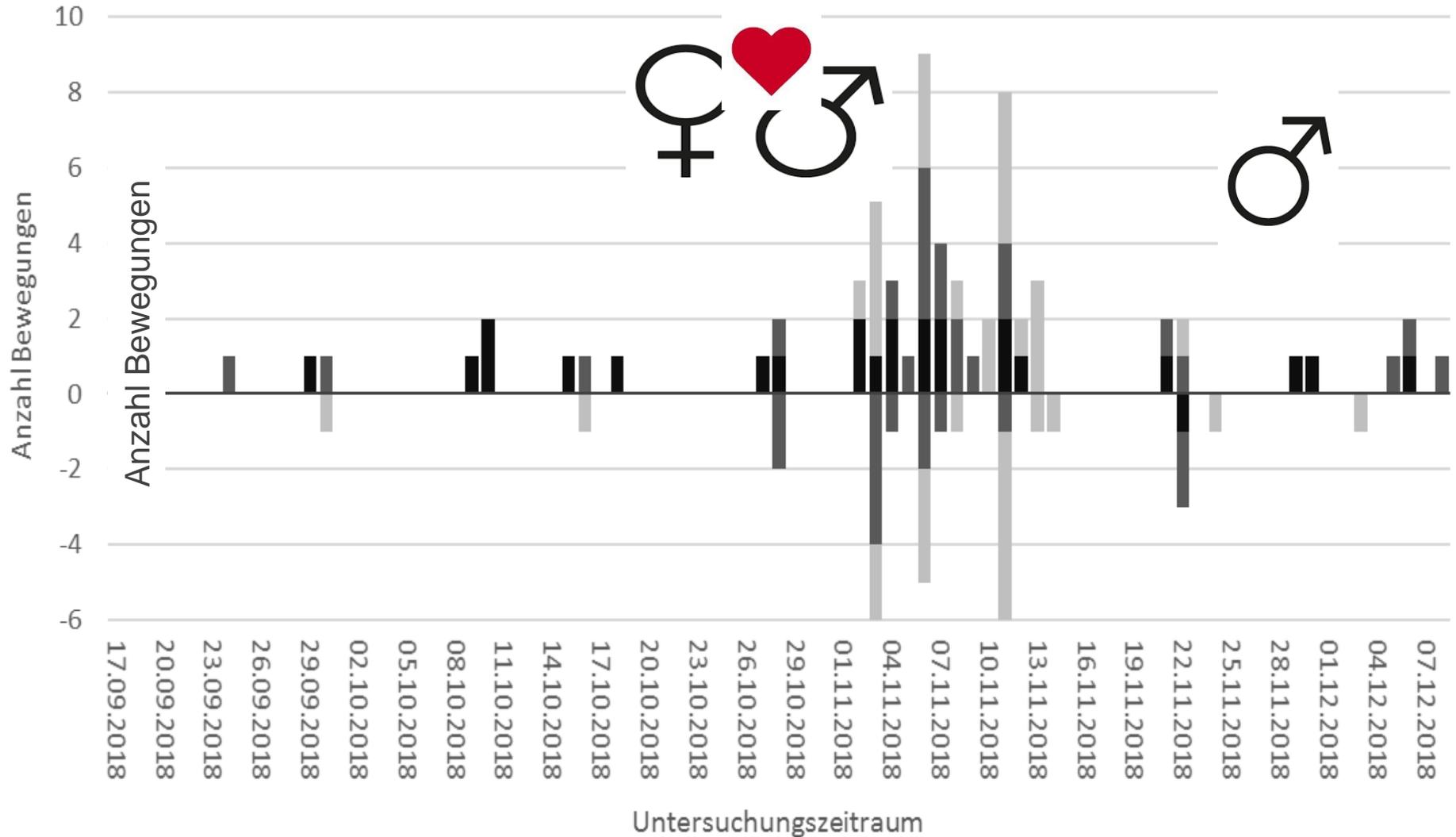
Energie 0%

Ökologie 100%

Lose-Win

■ Eindeutige ID ■ Mehrfachnachweis ■ Ungenaue Erfassung

Bewegungen der Seeforellen



Zählsystem:

Seeforellenzaun & Resistivity Fish Counter & Kamera



4. Engagement KWO Aquatische Ökologie

Restwasser

- 2012 an 8 Fassungen neu und an 3 Fassungen angepasst
- 5-Jahresmonitoring zeigte deutliche Verbesserung hinsichtlich Lebensraumvielfalt, Makrozoobenthos und Fischen

Sanierung Schwall-Sunk

- Retentionsvolumen 80'000 m³ zur Vergrößerung der Reaktionszeit für aquatische Organismen
- Instream-Massnahmen zur Erhöhung der Habitatsvielfalt
- 1-Jahresmonitoring zeigt deutliche Verbesserung für aquatische Organismen
 - Alle ökologischen Zielvorgaben wurden erreicht
 - Makrozoobenthos: Artenvielfalt und Biomasse im "grünen" Bereich
 - Fische: Fischdichte in der Instream-Strecke ähnlich Lütschine (naturnahe Morphologie und Hydrologie)

Fischgängigkeit

- nur eine Fassung betroffen. Funktionierender Fischlift seit 2012

Geschiebe

- Ein Sammler betroffen, Variantenstudium abgeschlossen, Umsetzung 2023



Monitoring Seeforellen im unteren Gadmerwasser



Zählsystem:

Seeforellenzaun & Resistivity Fish Counter & Kamera



Impressionen Zählanlage

- Sep'18 bis Dez'18
- Inkl. grösserem HQ



Monitoring Schwall-Sunk

Kurzbeschreibung der Schwallstrecke

**Buhnenstrecke
Innertkirchen**



Breite: 25 m

**Kiesbankstrecke
Meiringen**



Breite: 25 m

**Kanalstrecke
Meiringen-Brienz**



Breite: 18 m 

Monitoring Schwall-Sunk

Begleitgruppe & Untersuchungsteam

- Amt für Wasser und Abfall (BE)
- Fischereiinspektorat (BE)
- Bundesamt für Umwelt (CH)
- Eawag (CH)

- Peter Büsser
- Pronat
- Limnex
- eQcharta

