

# Pilotprojekte Fischabstieg VAR

## Stand Pilotprojekt WKW Bannwil

Sitzung Lenkungsausschuss und Begleitgruppe

Olten, 6. April 2022



1. Einleitung
2. Variantenvergleich Positionierung FLR-Bypass-System
3. Resultate Detailuntersuchungen Numerik
4. Präsentation Bestvariante
5. Konzept Rechenreinigung
6. Kosten
7. Fazit technisches Vorprojekt
8. Resultate der radiotelemetrischen Untersuchungen
9. Ausblick



## WKW Bannwil

### Blockkraftwerk

$Q_A = 450 \text{ m}^3/\text{s}$  (3 x 150  $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\Delta h = 5.5 - 8.5 \text{ m}$

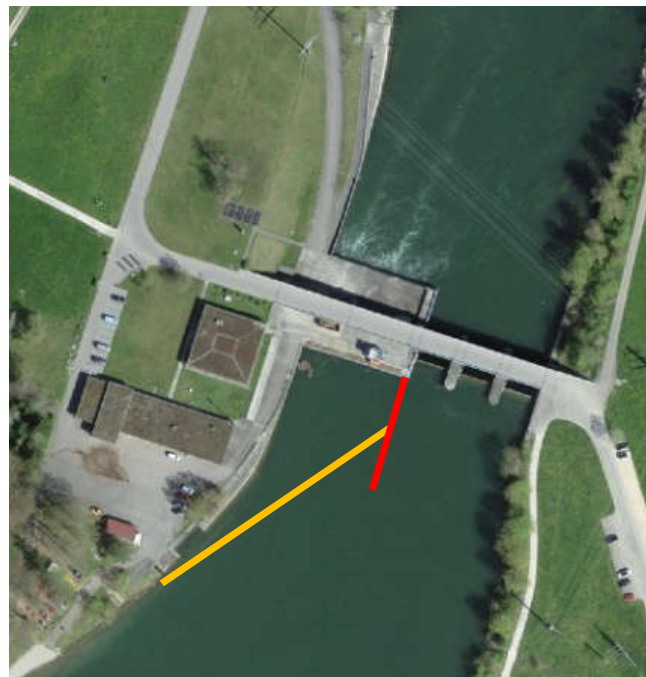
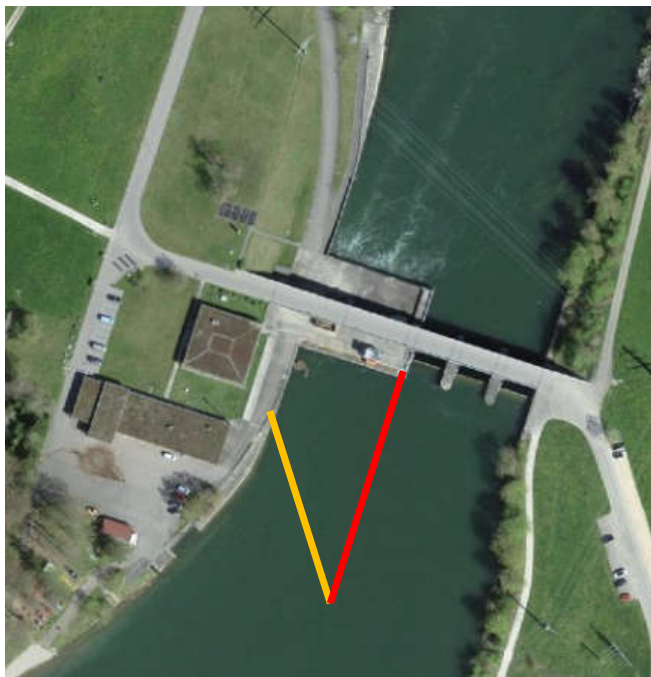
Wehrüberfall ca. 40 T/a



- Kurveninnenseite
- Hohes Schwemmholzaufkommen
- Grosses Feststoffaufkommen
- Stark schwankender OW-Pegel

## 2. Variantenvergleich Positionierung FLR-Bypass-System

### Variantenstudium Linienführung Bypass

- Ausgangslage: Rechenpositionen aus Variantenstudium Numerik

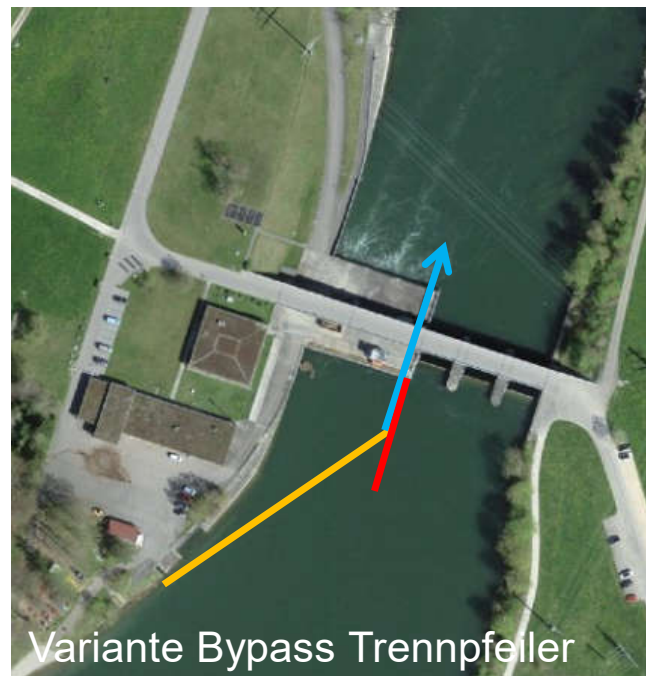
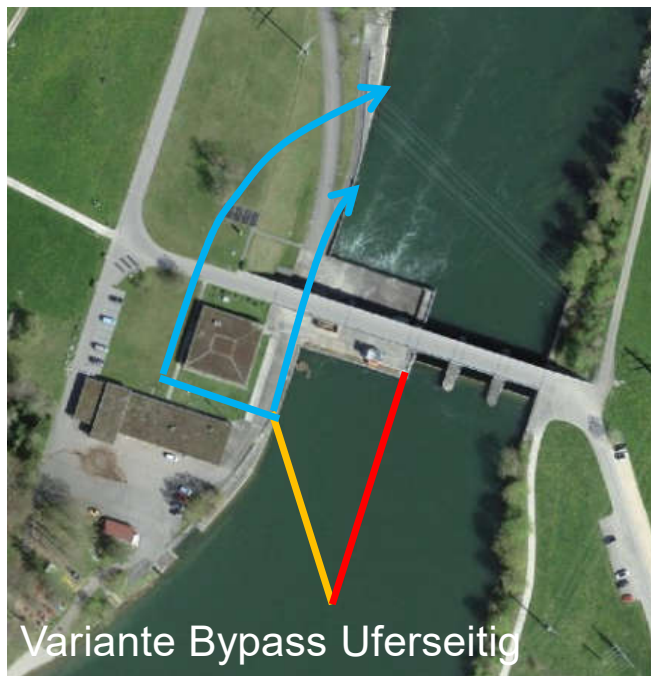





-  Bauliche Anpassung  
Verlängerung Trennpfeiler
-  Fischleitrechen

## 2. Variantenvergleich Positionierung FLR-Bypass-System

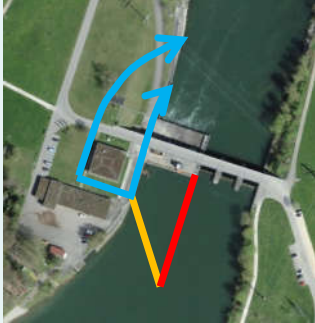
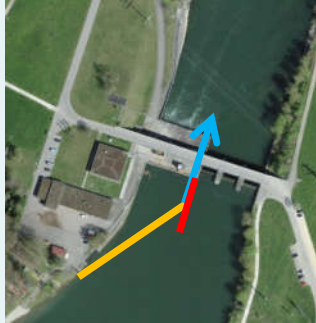
### Variantenstudium Linienführung Bypass

- Ausgangslage: Rechenpositionen aus Variantenstudium Numerik
- Variantenstudium Linienführung Bypass, Prüfung Machbarkeit



-  Bauliche Anpassung  
Verlängerung Trennpfeiler
-  Fischleitrechen
-  Linienführung Bypass

## 2. Variantenvergleich Positionierung FLR-Bypass-System

Variantenvergleich	Bypass uferseitig	Bypass Trennpfeiler
		
Fischleitwirkung	Leitwirkung scheint über gesamte Rechenlänge gewährleistet, Bereiche mit $v_t/v_n < 1$ räumlich begrenzt	Leitwirkung scheint über gesamte Rechenlänge gewährleistet, Bereiche mit $v_t/v_n < 1$ räumlich begrenzt
Anströmgeschwindigkeit	mehrheitlich $v_n > v_{\text{Dauerschwimm}}$ $v_{n \text{ max}}: 1.6 \text{ m/s}$	Lokal $v_n > v_{\text{Dauerschwimm}}$ $v_{n \text{ max}}: 1.1 \text{ m/s}$ mehrheitlich $v_n < 0.8 \text{ m/s}$
Tech. Machbarkeit Bypass	Gegeben	Gegeben
Räumliche Konflikte	Querung Zufahrt WKW und Boottransport schwierig	Konflikt mit best. Dammbalkenlager lösbar
Rechenreinigung	Ungünstige Ausrichtung Rechen → Keil mit Schwemmholzteppich Kein Platz für Mulden	Günstige Ausrichtung Rechenebene → Möglichkeit zur Weiterleitung Schwemmholz Richtung Wehr

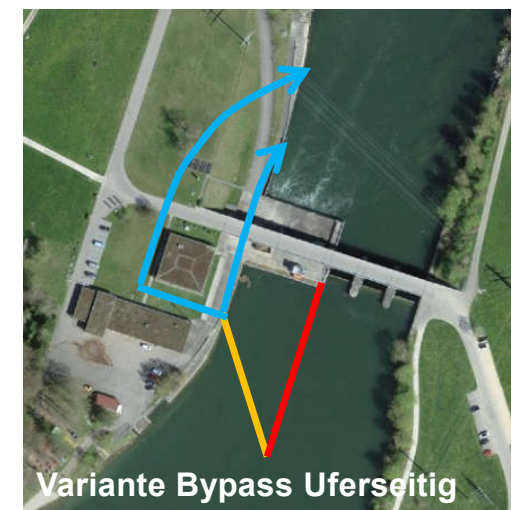
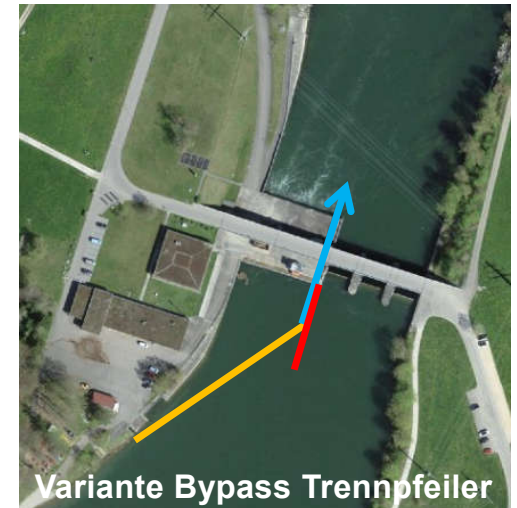
## 2. Variantenvergleich Positionierung FLR-Bypass-System

### Variantenentscheid Fischabstieg Bannwil

- Rechenreinigung Variante Bypass Uferseitig kaum lösbar
- Variantenentscheid: Bestvariante Bypass am Trennpfeiler

### Übertragbarkeit Variantenentscheid auf andere Blockkraftwerke

- Entscheid bedingt übertragbar auf andere Blockkraftwerke
- Bei geringerem Schwemmholaufkommen und besseren Platzverhältnissen Bypass uferseitig denkbar
- Fischleitwirkung und Anströmgeschwindigkeiten am Leitrechen im Einzelfall zu prüfen



### Übersicht der Untersuchungen

#### Optimierung Rechenbrücke und Fischleitrechen (FLR)

- Sensitivität UK FLR
- Tauchwand
- Sohleitwand / Geschiebeabweisschwelle
- Brückenpfeiler Rechenbrücke

#### Stabformen

- Verlustbeiwerte
- Sensitivität Anströmwinkel

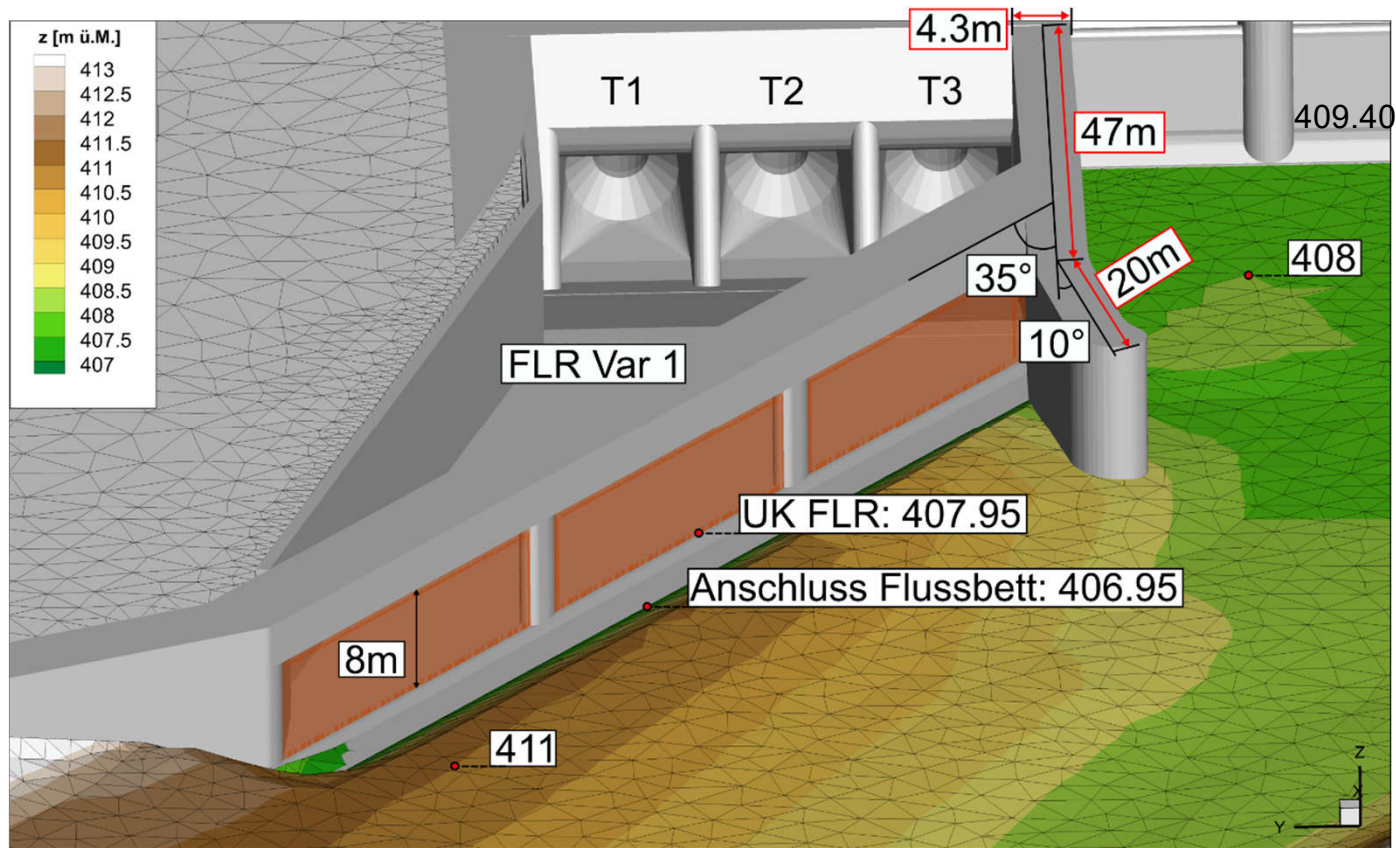
#### Gestaltung Bypass-Einlauf

- Optimierung Form Trennpfeilerkopf
- Varianten Bypass-Einlauf, Anströmung



## Optimierung UK FLR und Tauchwand - Geometrie

Variante A Tauchwand, UK FLR 408, Geschiebeschwelle in Rechenebene



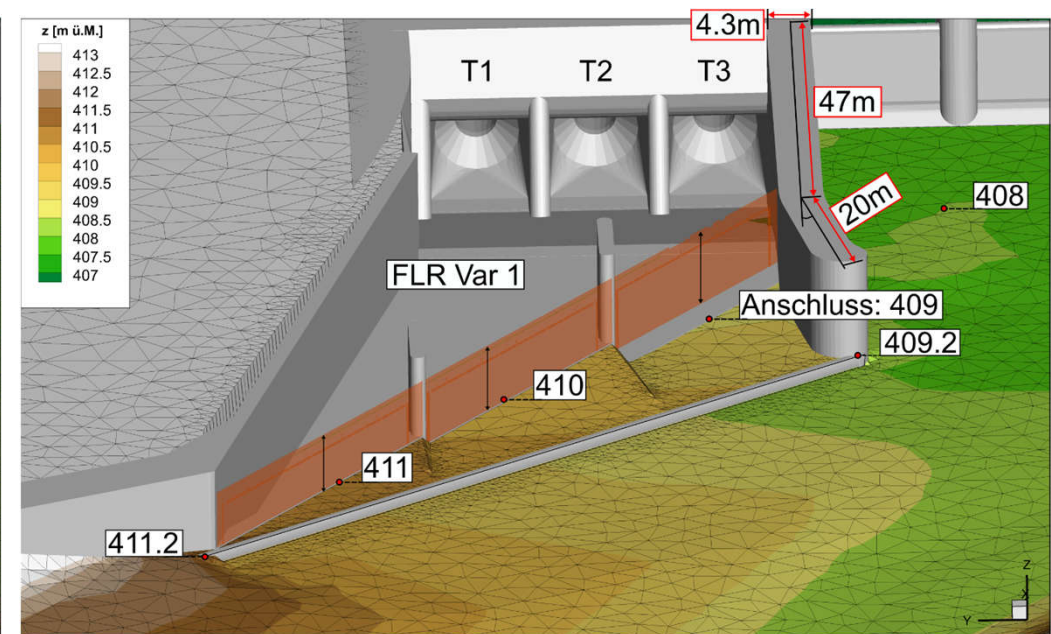
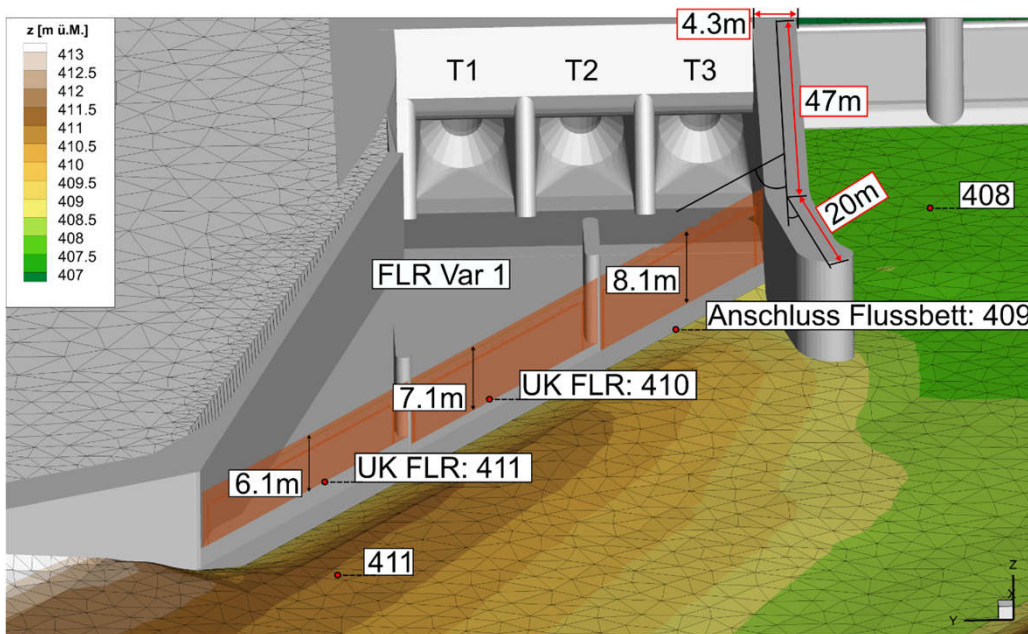
## Optimierung UK FLR und Tauchwand - Geometrie

### Variante B

Keine Tauchwand, UK FLR abgestuft 411-410-409

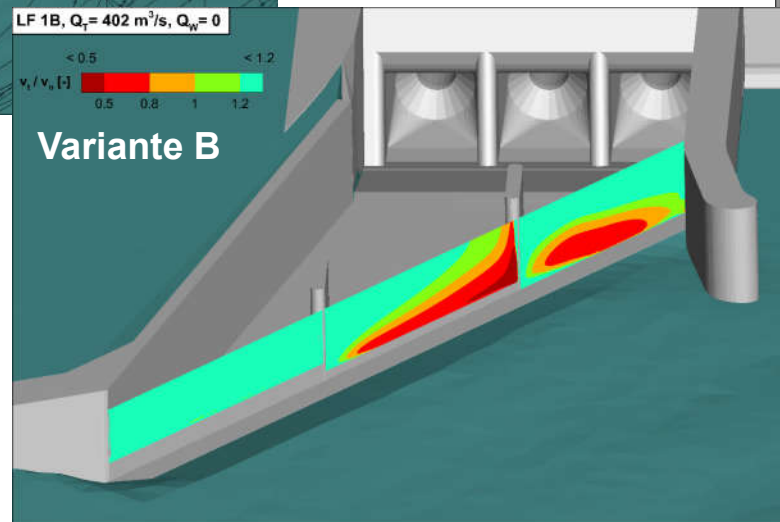
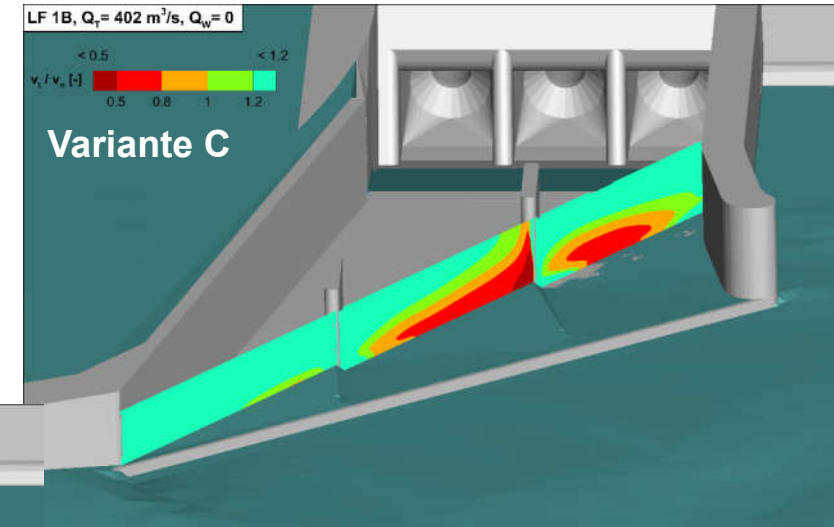
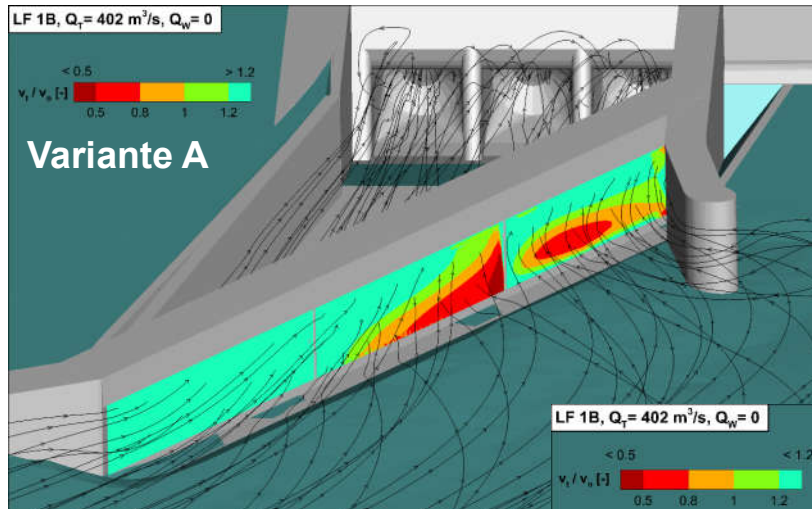
### Variante C

Keine Tauchwand, UK FLR abgestuft 411-410-409, Geschiebeschwelle vorgelagert 1.2m

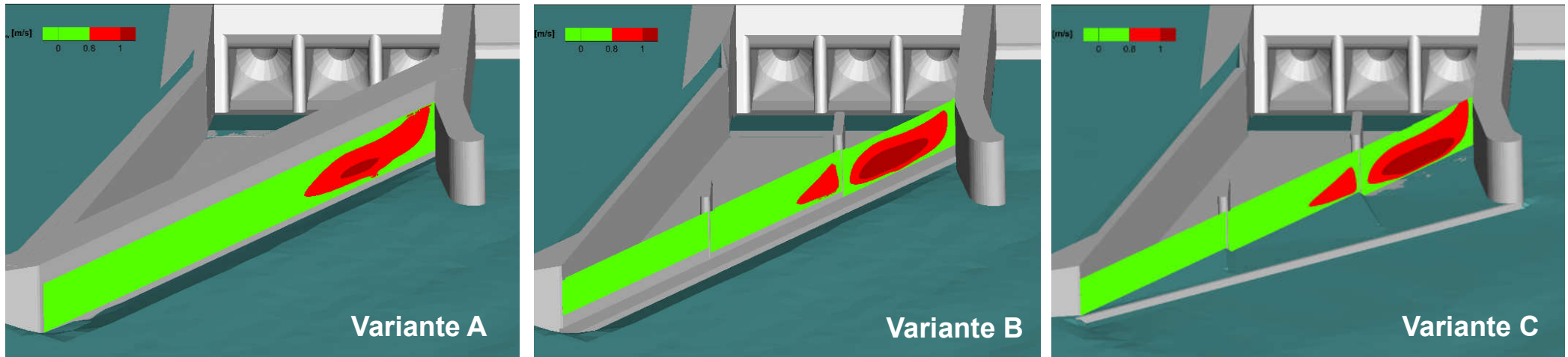


### 3. Resultate Detailuntersuchungen Numerik

## Optimierung UK FLR und Tauchwand – Fischleitwirkung ( $v_n/v_t$ )



## Optimierung UK FLR und Tauchwand – Normalgeschwindigkeiten



Variante	A	B	C
$A_{\text{FLR}} v_{\text{norm}} > 0.8$ [%]	15	21	23
$A_{\text{FLR}} v_{\text{norm}} > 1.0$ [%]	1.2	7	6
$v_{\text{norm, max}}$ [m/s]	1.05	1.15	1.16

Kriterium  $v_{\text{normal}} \leq v_{\text{max}}$

Lachs, Barbe  $v_{\text{max}} = 0.4 - 0.8\text{m/s}$

## Optimierung Brückenpfeiler

### Ausgangslage

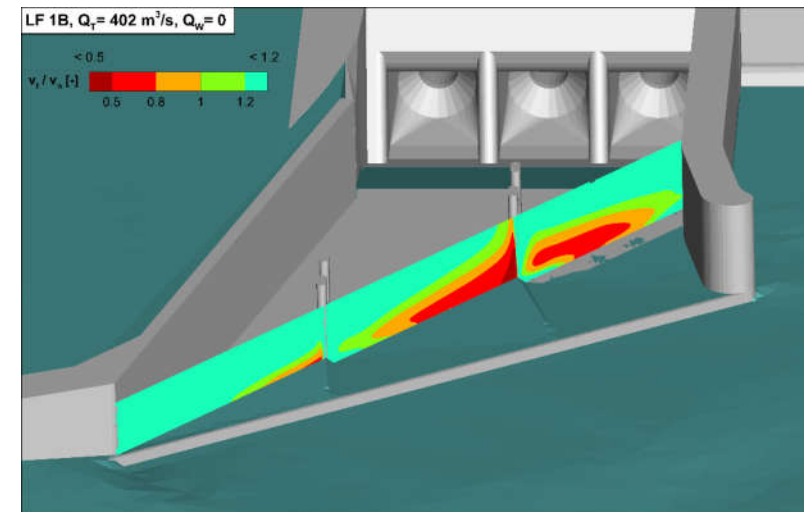
- Pfeiler wirken sich negativ auf Fischleitwirkung aus (Rückstau und Strömungsschatten)

### Optimierung

- Reduktion der Pfeilerbreite und Optimierung der Form
- Ausrichtung entsprechend der Strömungsrichtungen
- Aufgelöste Pfeiler, leichte Bogenform
- Brückenpfeiler gegenüber Rechenebene absetzen

### Problematik

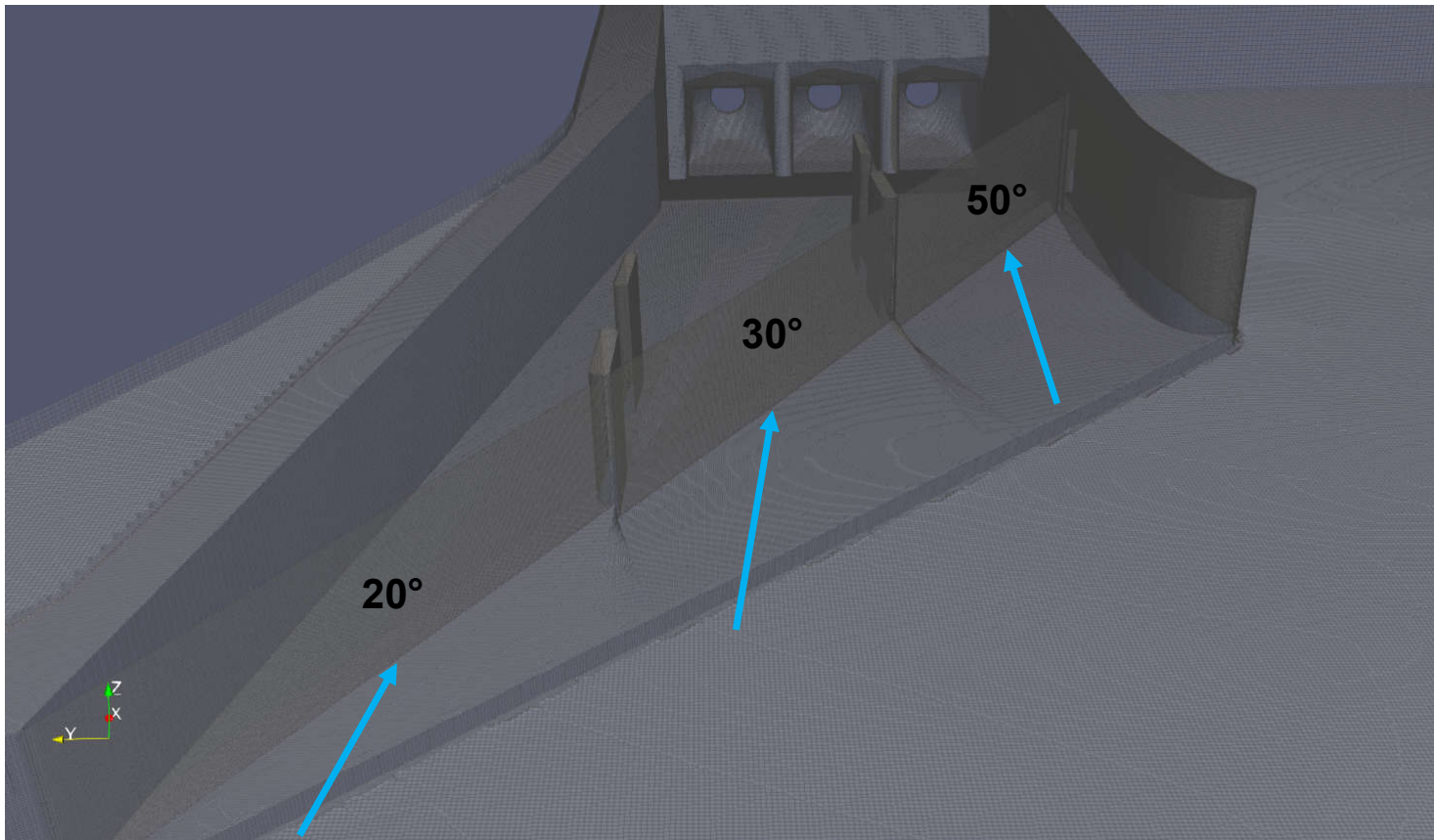
- Ausrichtung kann nicht für alle Lastfälle und Fliesstiefen optimiert werden



#### Optimierung Rechenbrücke und Fischleitrechen – Zusammenfassung

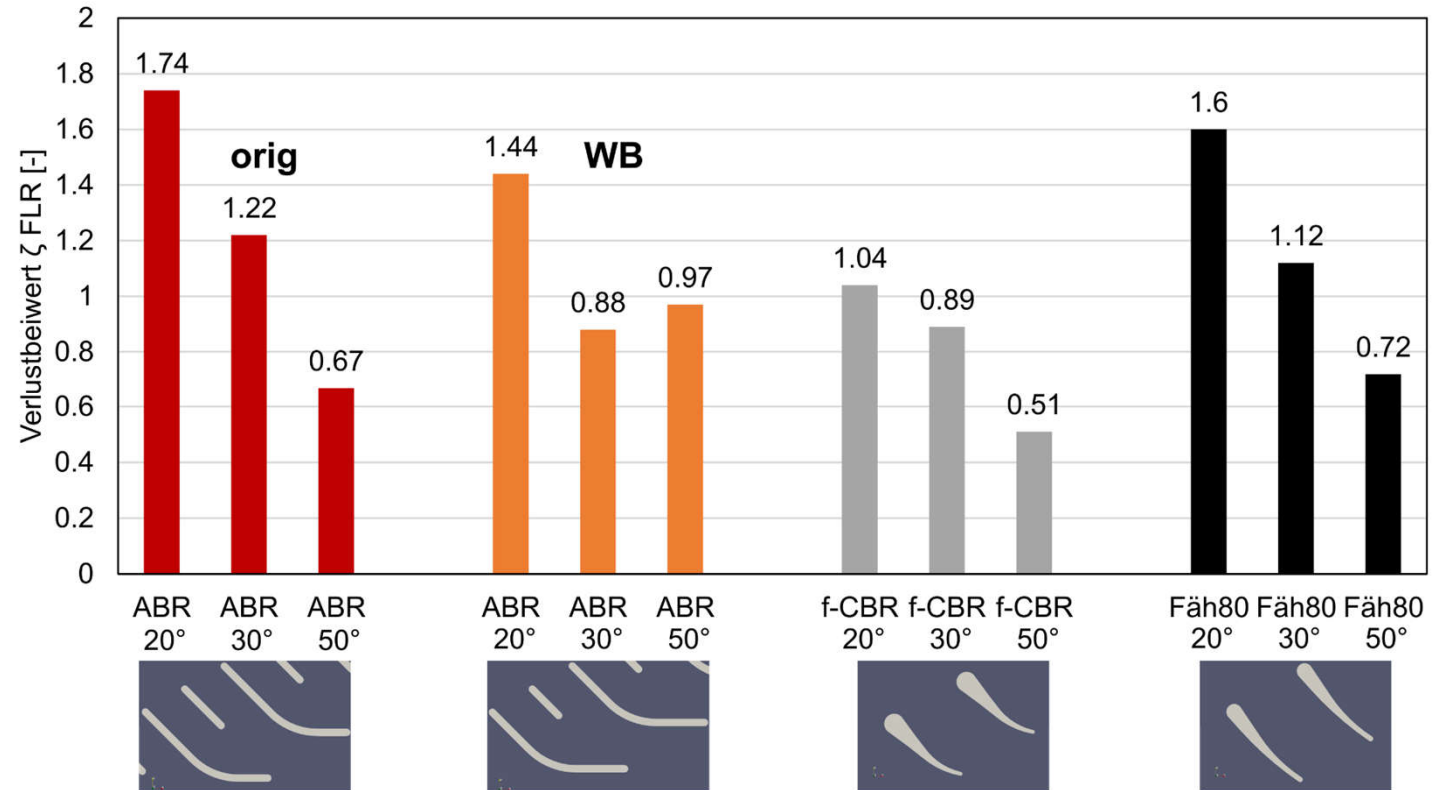
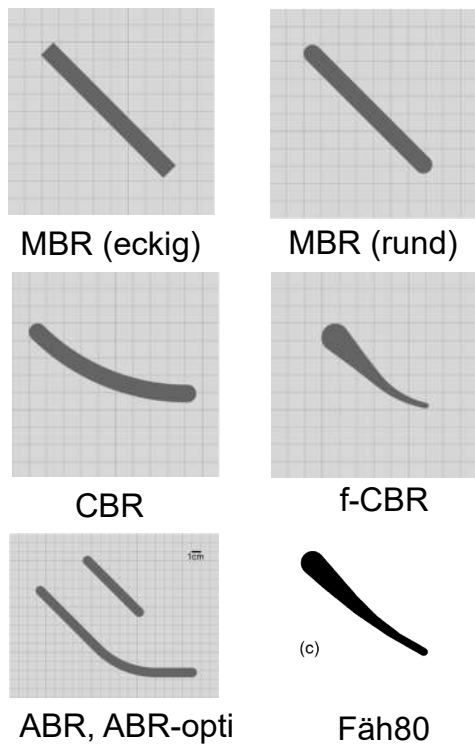
- **Tauchwand** wird aufgrund der lokal hohen Geschwindigkeiten nicht als zweckdienlich erachtet → Verzicht auf Tauchwand zu Gunsten Erhöhung UK FLR
- Erhöhung und Anpassung **Unterkante Fischleitrechen**
  - Bessere Einpassung an bestehende Aaresohle (Kurvenbank) durch Abstufung
  - Fließgeschwindigkeiten im linken Rechenfeld können erhöht werden
  - keine relevante Erhöhung der Maximalgeschwindigkeiten, wenn Verzicht auf Tauchwand
  - keine Verschlechterung der Fischleitwirkung ( $v_n/v_t$ )
- **Sohlleitwand** unmittelbar in Rechenebene wirkt sich negativ auf Fischleitwirkung aus
  - Vorgelagerte Geschiebeabweisschwelle wirkt sich positiv auf Anströmung FLR aus
- Geometrie und Ausrichtung der **Brückenpfeiler**
  - Form optimiert, Pfeiler aufgelöst und in Strömungsrichtung gedreht, leicht gebogen
  - Pfeiler gegenüber Rechenebene zurückversetzt um 0.5 m

## Rechenstabformen - Anströmwinkel der Rechenebene



### 3. Resultate Detailuntersuchungen Numerik

#### Rechenstabformen - Verlustbeiwerte für Anströmwinkel $\alpha=20^\circ, 30^\circ, 50^\circ$



**Fazit:** f-CBR weist die geringste Sensitivität bezüglich Anströmwinkel auf

Numerik:  
S. Kammerer, D. Vetsch



**Verband Aare-Rheinwerke**  
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes



#### Design Bypass-Einlauf

Abfluss Bypass:  $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (1 %  $Q_{\text{Ausbau}}$ )

#### Randbedingungen Geometrie

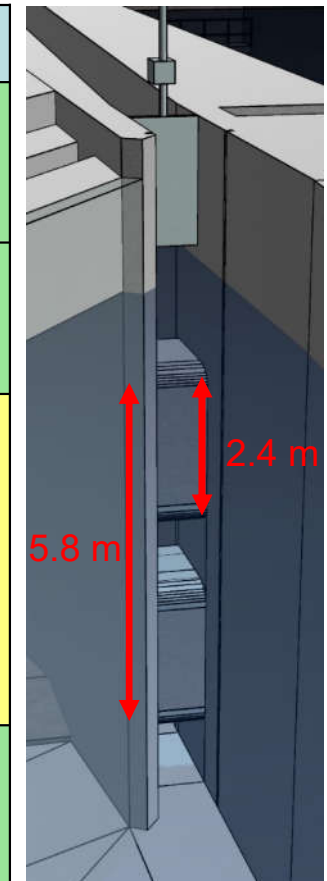
- Lichte Breite:  $B = 1 \text{ m}$
- Lichte Höhe Öffnungen:  $H_{\text{min}} = 1 \text{ m}$
- Bodennahe und oberflächennahe Einstiegsöffnung

#### Anforderungen Hydraulik

- $v_{\text{Bypass Einstieg}} / v_{\text{n Rechen}} = 1.2 \rightarrow v_{\text{Bypass Einstieg}} = 2 \text{ m/s}$
- Kontinuierliche Strömung hinter Einstiegsöffnungen

## Design Bypass-Einlauf – Variantenvergleich 2 oder 3 Einstiegsöffnungen

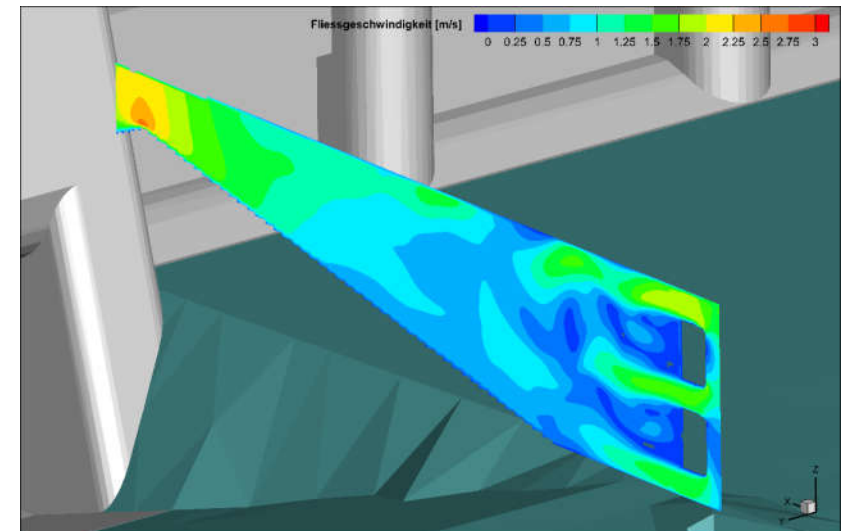
Variantenvergleich	2 Einstiegsöffnungen	3 Einstiegsöffnungen
Fliessgeschwindigkeiten am Einstieg	$v_{\max} = 2 \text{ m/s}$ kann eingehalten werden (Grössere Einstiegsöffnungen) $v_{\text{Bypass Einstieg}} / v_{n \text{ Rechen}} = 1.2$	$v_{\max} = 2 \text{ m/s}$ kann eingehalten werden (3 Öffnungen à 1x1m) $v_{\text{Bypass Einstieg}} / v_{n \text{ Rechen}} = 1.2$
Auffindbarkeit	Vertikale Distanz zwischen Einstiegsöffnungen ca. 6 m → Auffindbarkeit fraglich	Vertikale Distanz zwischen Einstiegsöffnungen ca. 2.5 m → Gute Auffindbarkeit erwartet
Betrieb	Verklausung durch Geschwemmsel und Schwemmholz nicht ausgeschlossen. Schützen werden bei hohem Schwemmholzaufkommen geschlossen → Unterbruch Verfügbarkeit Bypass	Verklausungswahrscheinlichkeit unwesentlich Höher als mit 2 Öffnungen. Schützen werden bei hohem Schwemmholzaufkommen geschlossen → Unterbruch Verfügbarkeit Bypass
Kosten	Leicht günstiger als Variante mit 3 Öffnungen, Auswirkungen auf Kosten vernachlässigbar	Leicht teurer als Variante mit 2 Öffnungen, Auswirkungen auf Kosten vernachlässigbar



## Design Bypass-Einlauf

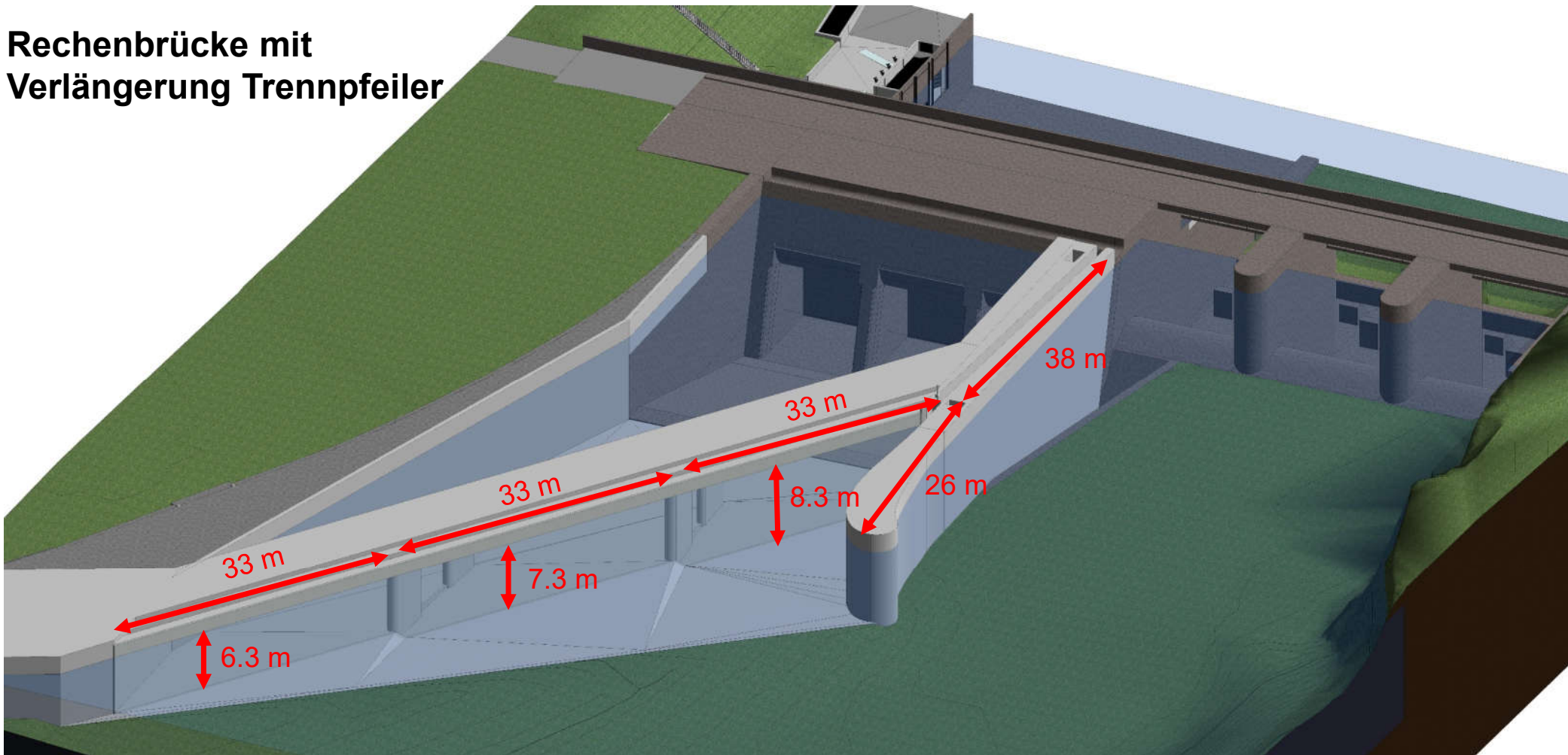
### Erkenntnisse

- Ausrundung der Einstiegsöffnungen zur Minimierung der Ablösezononen
- Projektierung von 3 Einstiegsöffnungen zur besseren Auffindbarkeit (vertikal) der Einstiegsöffnungen
- Anpassung der Rampe hinter den Einstiegsöffnungen, damit eine kontinuierliche Strömung entsteht (kein Zusammenfall der Geschwindigkeiten) und sich die Strömung schön an die Sohle anlegt.



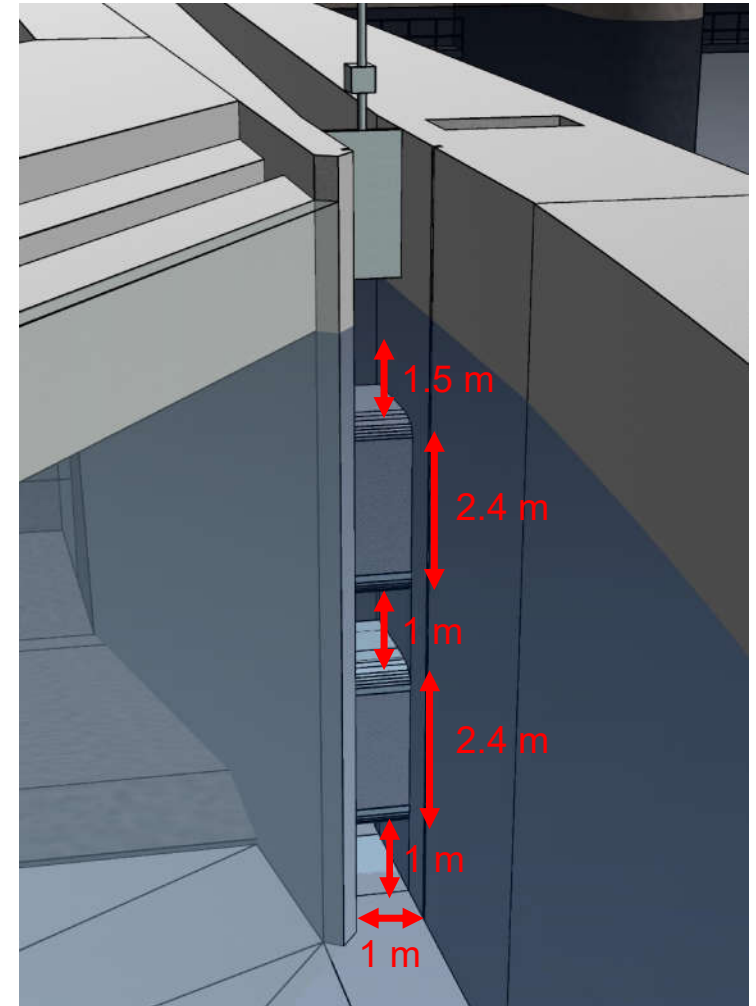
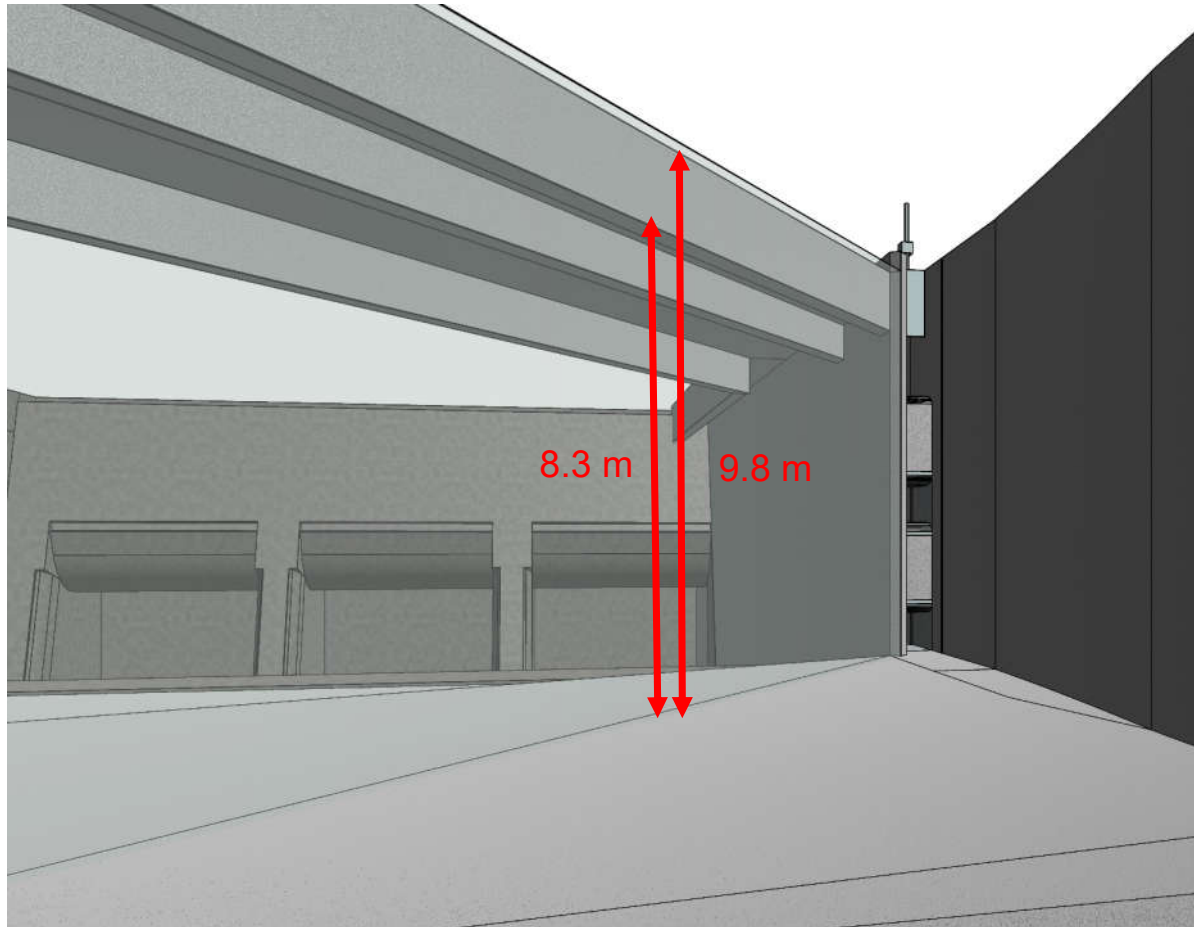
## 4. Präsentation Bestvariante

### Rechenbrücke mit Verlängerung Trennpfeiler

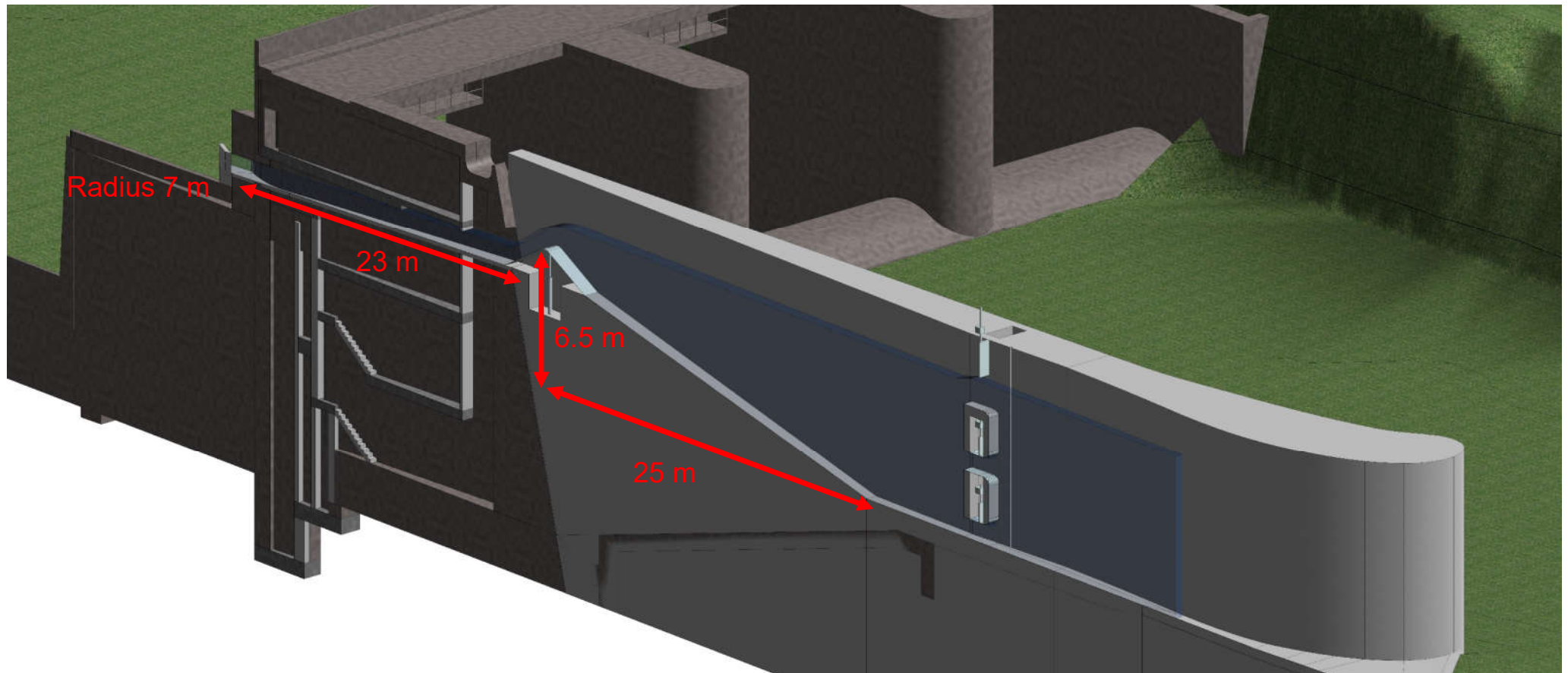


## 4. Präsentation Bestvariante

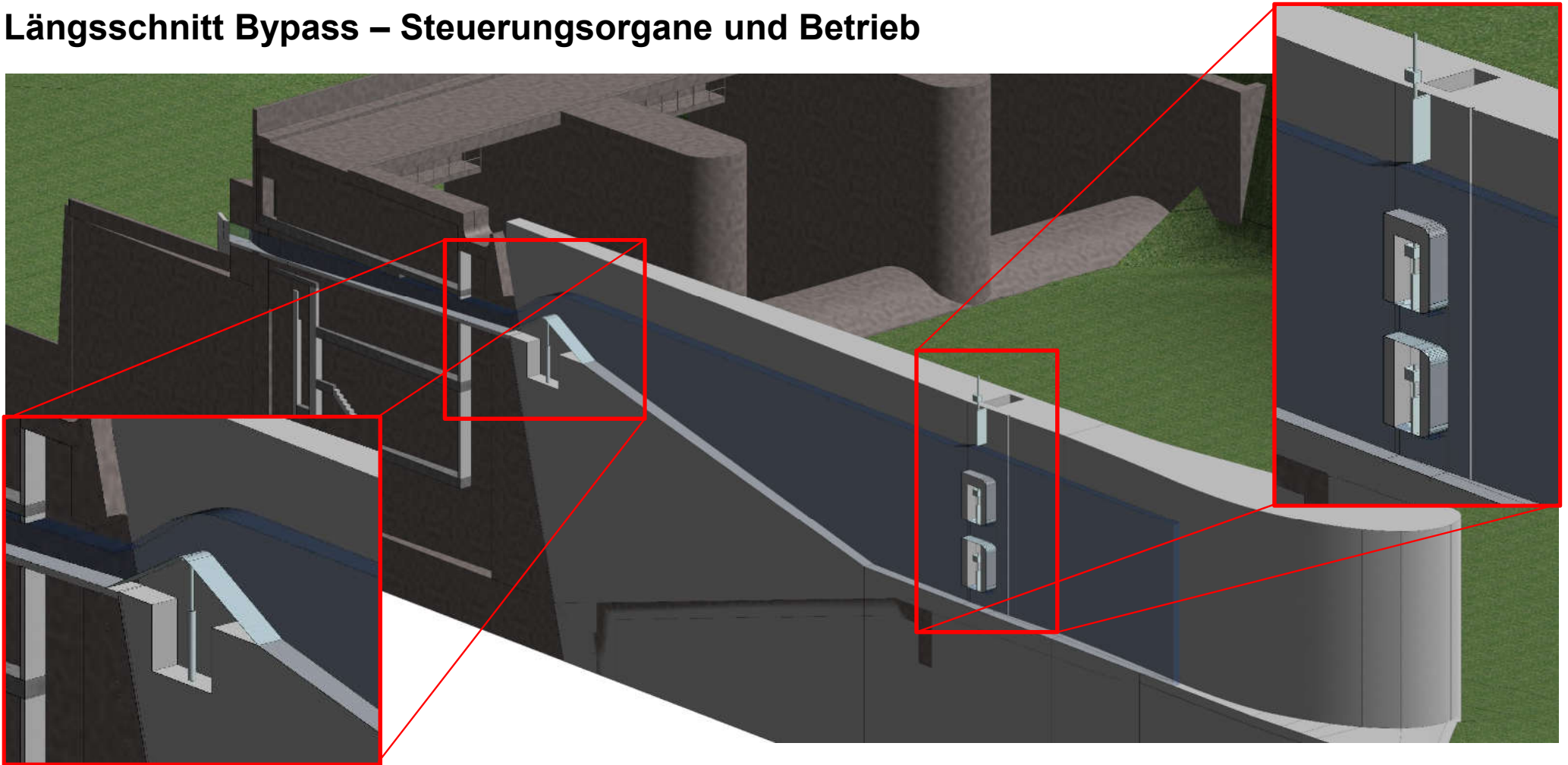
### Bypass-Einlauf mit 3 Öffnungen



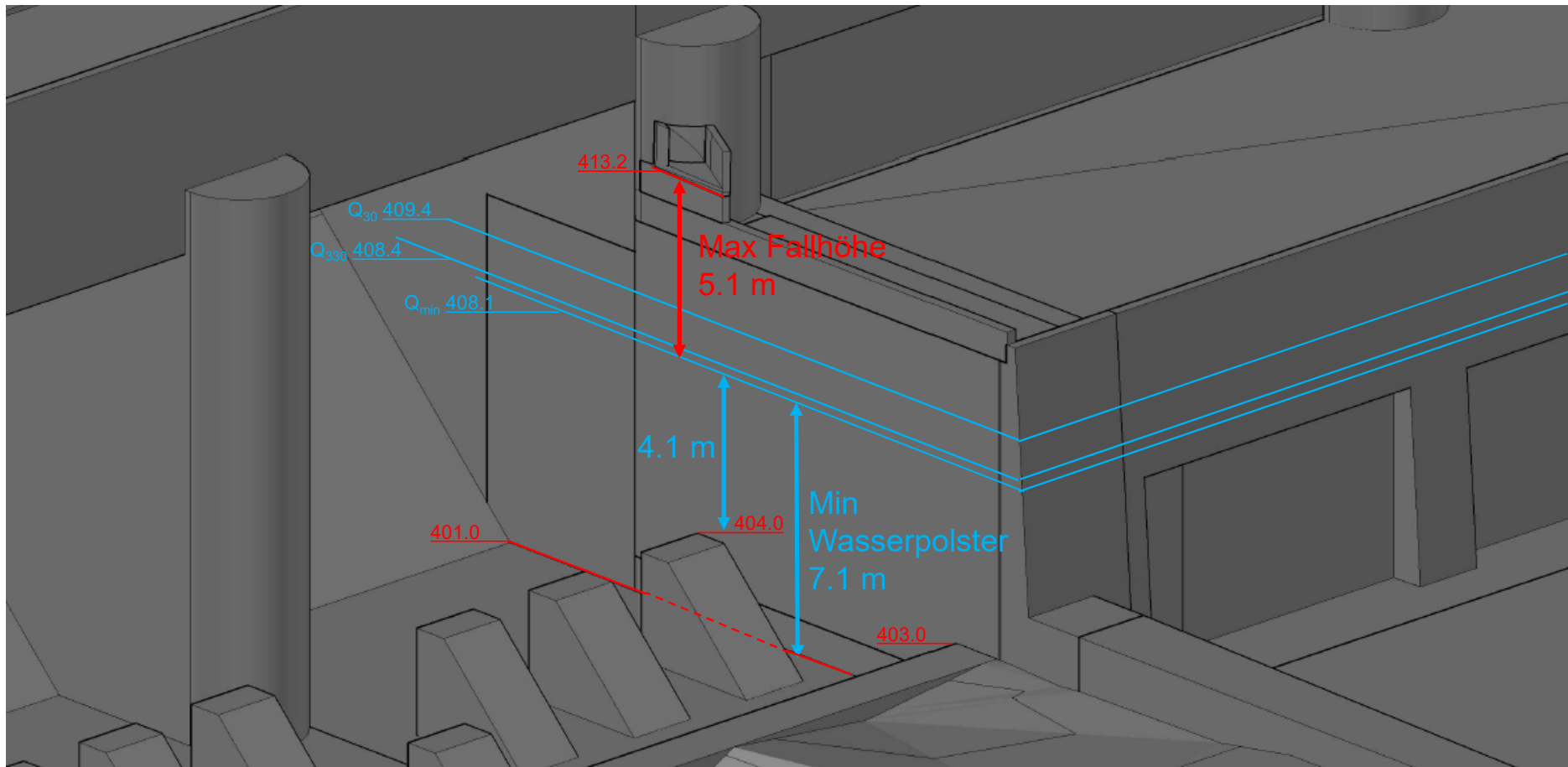
### Längsschnitt Bypass



### Längsschnitt Bypass – Steuerungsorgane und Betrieb



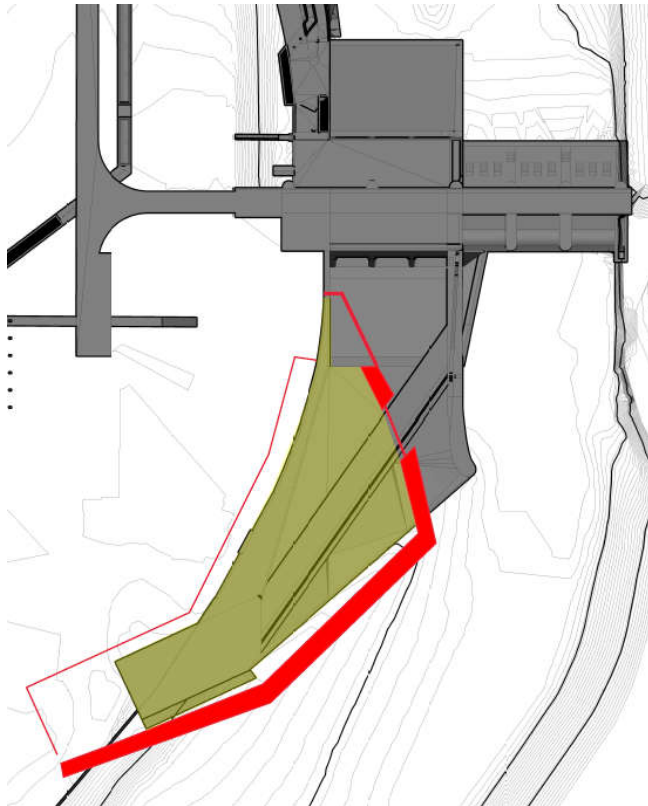
### Auslauf Bypass





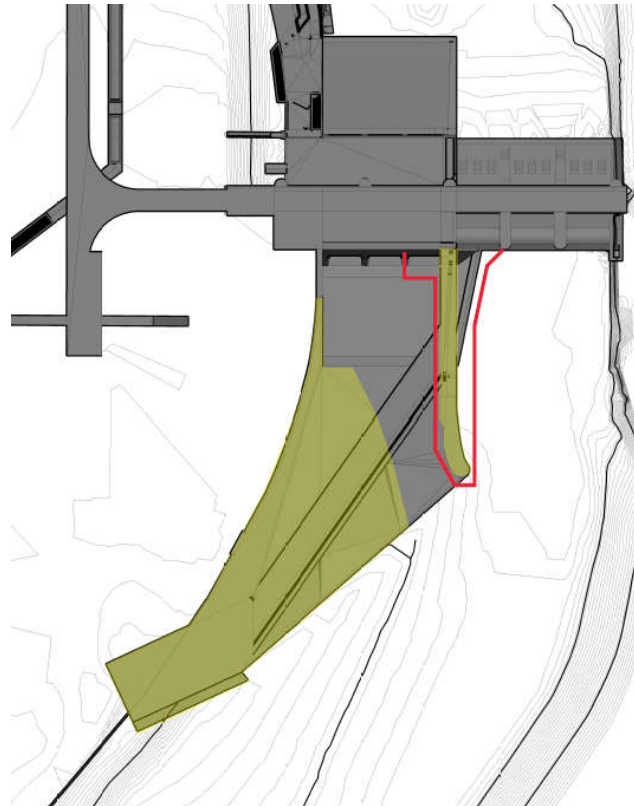
## 4. Präsentation Bestvariante - Baugrubenetappierung

### Etappe 1



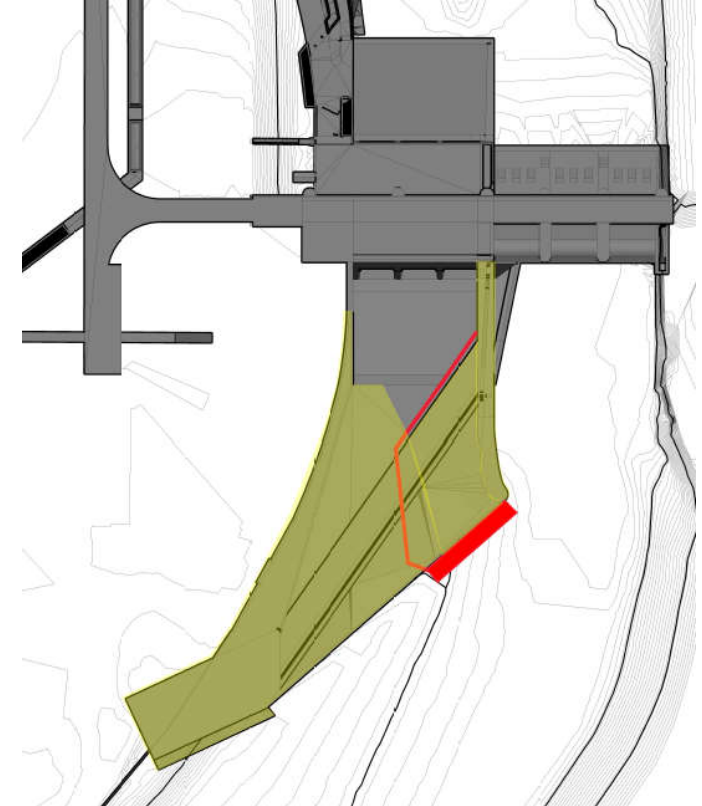
M1 Einschränkung 50 % (1 Jahr)

### Etappe 2



M3 Einschränkung 100 % (1 Jahr)

### Etappe 3



M1 bis M3 Einschränkung 50 % (1 Jahr)

**Baugruben:** Bau + Rückbau jeweils 3 Monate Stillstand aller Maschinen → Totalausfall 9 Monate

## 5. Konzept Rechenreinigung

### Situation Bannwil



Schwemmholz 26.11.2015



Entfernen Schwemmholz 21.08.2005



Geschiebeentfernung  
10.06.2011



Geschiebeentfernung  
10.06.2015

## 5. Konzept Rechenreinigung

### Variantenvergleich Rechenreinigung – Vergleich Knickarm & Bagger RRM



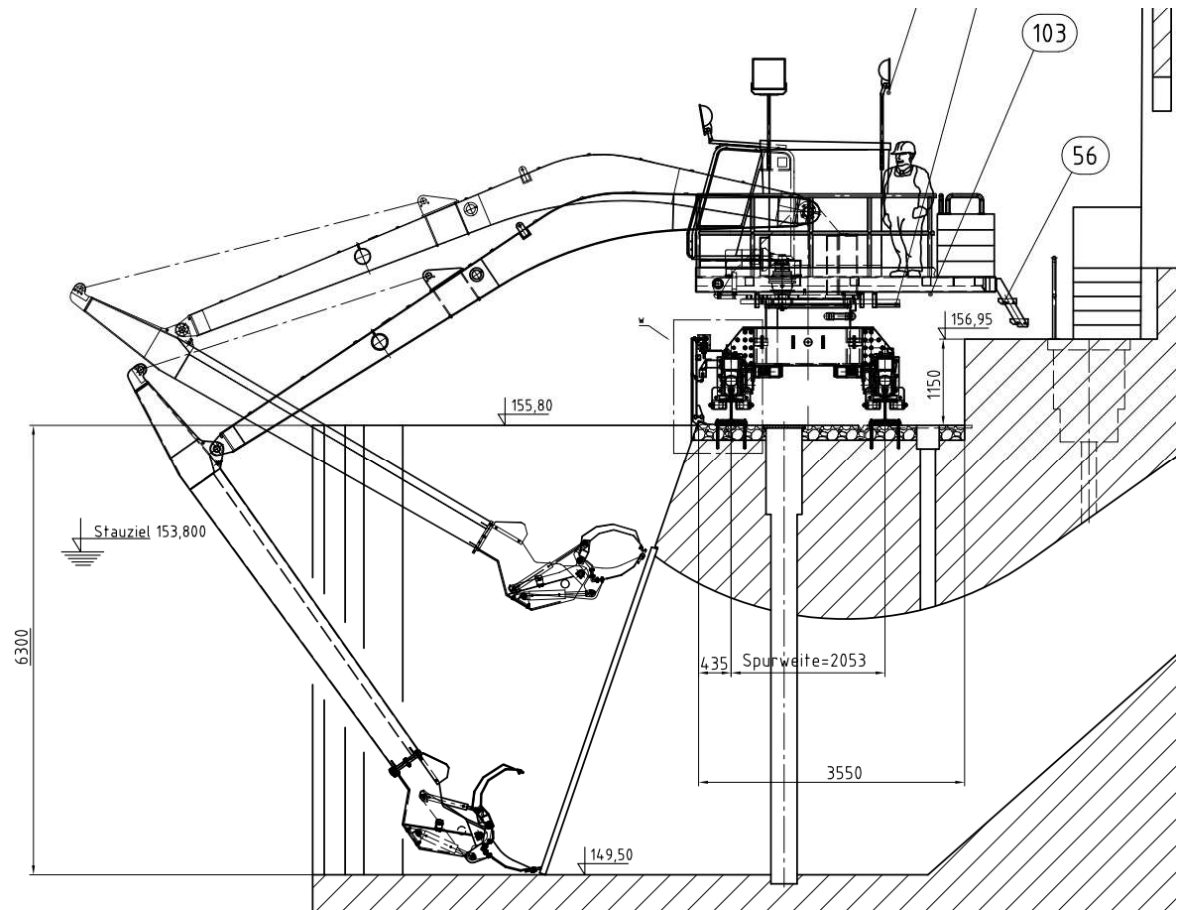
Knickarm-RRM, Braun-Maschinenfabrik GmbH



Bagger-RRM, Braun-Maschinenfabrik GmbH  
KW Lehen, Salzburg Österreich

## 5. Konzept Rechenreinigung

### Variantenvergleich Rechenreinigung – Entscheid Bagger RRM



## 5. Konzept Rechenreinigung

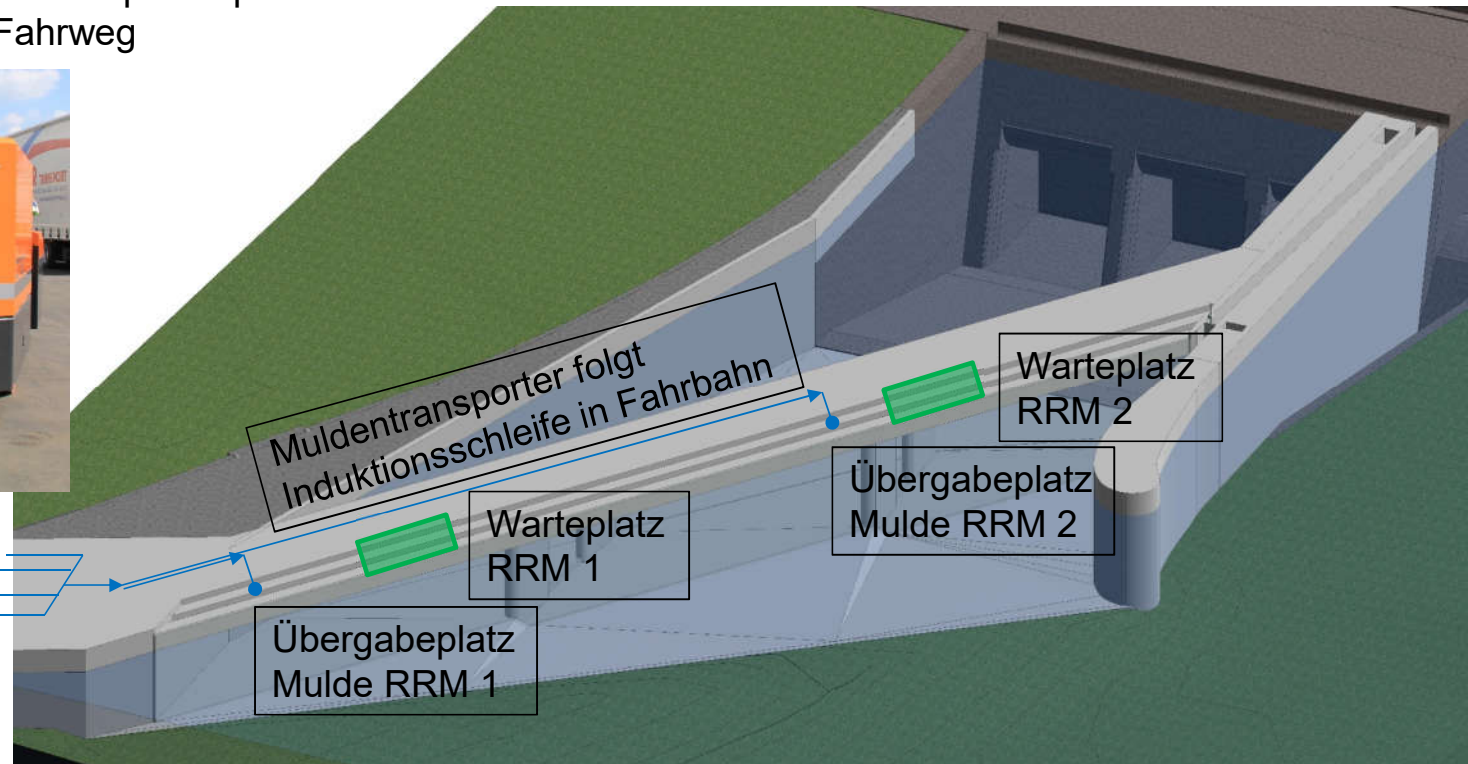
### Muldentransporter

- Bringt leere Mulden zur RRM
- Holt volle Mulden bei RRM ab
- Vollautomatisch oder bemannt
- Vollautomatisches greifen der Mulde



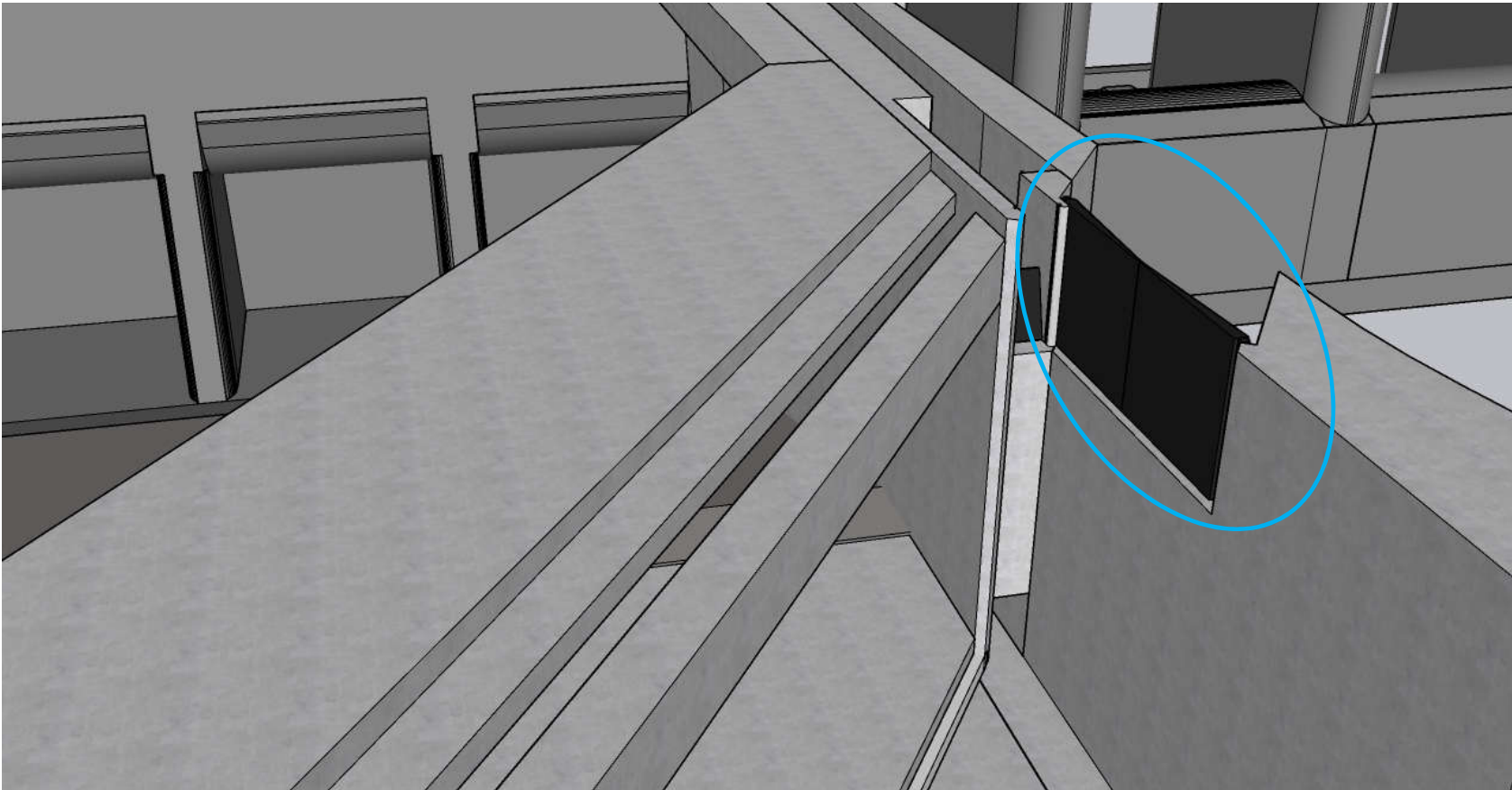
### Muldentransporter

- Vollautomatisch, Fernsteuerung oder Bemannt
- Folgt Induktionsschleife im Boden, keine Geleise nötig
- Kann 90° Winkel fahren und Mulde präzise platzieren
- Sensoren überwachen den Fahrweg



4 Lagerplätze für RRM-Mulden

### Abschwemmkanal im Trennpfeiler



### Konzept Rechenreinigung

- Bagger-RRM ist die am vielseitigsten einsetzbare Maschine
  - Schnellwechsler für
    - Abstreifer Geschwemmsel (Blätter u.ä.)
    - Greifer für Schwemmgut (Äste und Bäume)
    - Schaufel für Geschiebe
    - «Schieber» zum Abschieben von Schwemmgut und Geschiebe im Wasser zum Wehr möglich
  - Grosses Schwemmgut, wie Bäume und grosse Äste können auf Rechenbrücke abgelegt werden
    - Wo sie manuell zerlegt und anschliessend durch RRM in Mulde gelegt werden
- Schwemmgutmulde soll vor der RRM mitgeführt werden
  - Rechenbrücke muss +2m breiter sein
  - Bagger RRM ist in der Lage das Rechengut platzsparender in der Mulde unterzubringen als andere RRM
  - Volle Mulden werden durch selbstfahrende Wagen an Lagerplatz am Ufer gefahren
  - Leere Mulden werden durch selbstfahrende Wagen zur RRM gefahren



### Kostenschätzung

Die Kosten eines Leitrechen-Bypass-Systems des Typs CBR wurden im Rahmen der Sitzung präsentiert. Auf die Abgabe der Kostentabelle wird gem. Besprechung verzichtet.

### Erkenntnisse aus technischem Vorprojekt

#### Fischleitrechen-Bypass-System...

- ist nach heutigen Kenntnissen technisch realisierbar
- ist nach heutigen Kenntnissen betreibbar, Betriebserfahrungen fehlen
- hat seinen Preis

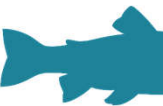
#### Offene Punkte bezüglich Fischleitwirkung und Auffindbarkeit

- Länge Fischleitrechen: ca. 100 m
- Abflusstiefe am Einstieg: 8.3 m
- Anströmgeschwindigkeiten Fischleitrechen
- etc.

## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

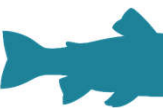
### Stand der Arbeiten

- Untersuchungen abgeschlossen
- Schlussbericht liegt im Entwurf vor



### Fragestellungen

- Wie und wie oft nähern sich die Fische dem Kraftwerk an?
- Welche Abwanderungskorridore benutzen die Fische?
- Wann wandern sie ab (saisonale und tageszeitliche Aspekte) und welche Faktoren lösen Wanderungen aus?
- Wie verhalten sich die Fische nach der Passage des Kraftwerkes?
- Wie weit wandern die Fische in der Aare?



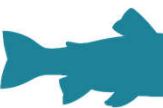
## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Untersuchungszeitraum

Datum	Beschreibung
02.04.2019	Testmarkierung von 10 Fischen FIThydro
30.11.2019	Telemetrieanlage fertig installiert
17./18.12.2019	Markierung von 47 Fischen FIThydro
25.03. - 02.04.2020	Markierung von 152 Fischen
03.12. - 10.12.2020	Markierung von 83 Fischen
31.03.2021	Projektende

↑  
**Resultate  
Pilotstudie  
VAR**  
↓

**FISHCONSULTING**  
GmbH

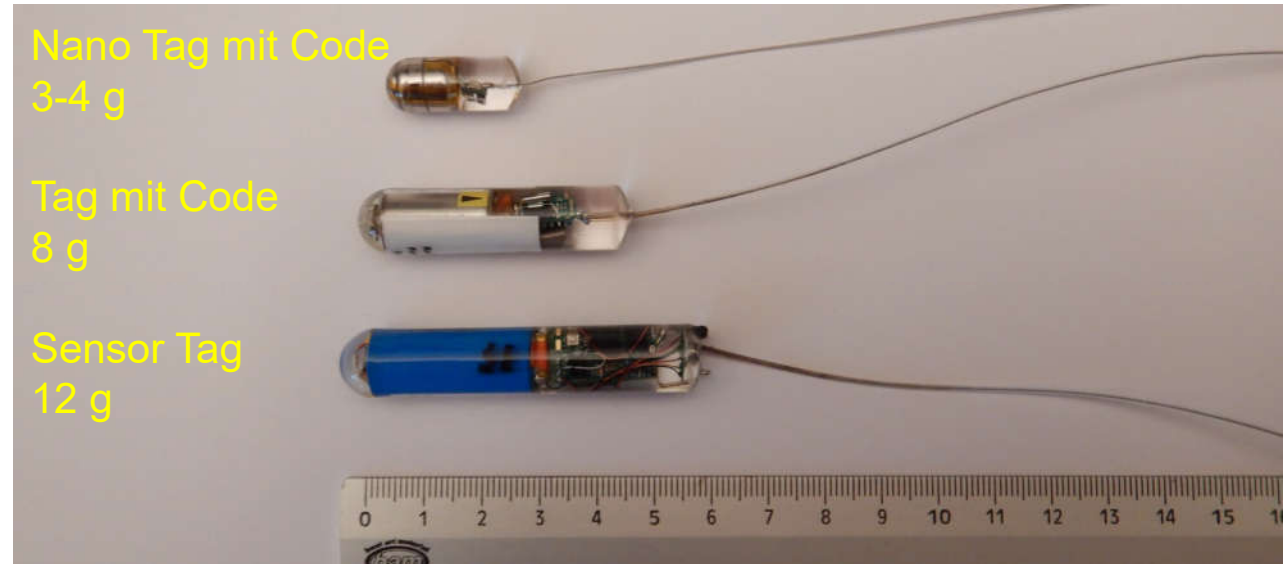


**Verband Aare-Rheinwerke**  
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

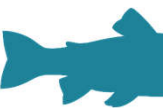
## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Markierung

- Verwendete Radiosender für die Markierung

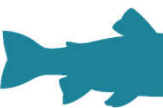
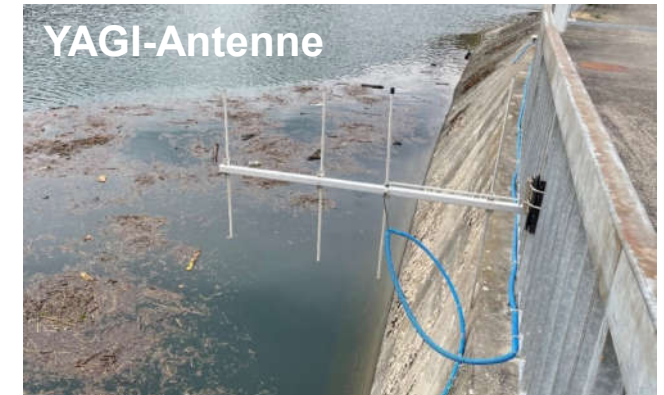


- Fische wurden aus Fischpass gefangen, markiert und im Oberwasser ausgesetzt



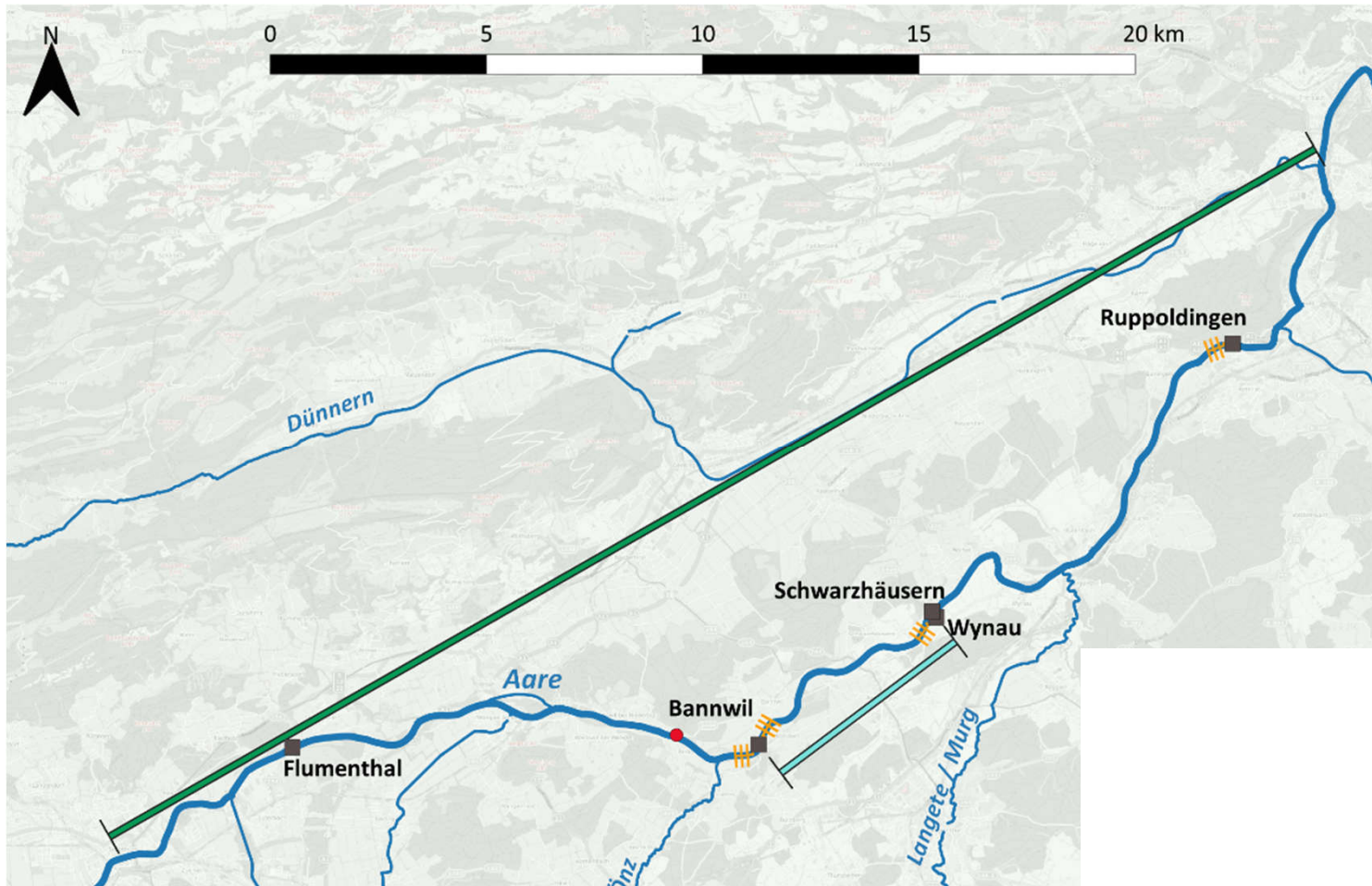
## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Übersicht der Anordnung der Antennen am WKW Bannwil



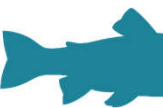
## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Übersicht über das Untersuchungsgebiet



- Aarekraftwerke
- ⊞ Antennenstandorte
- Aussatzort

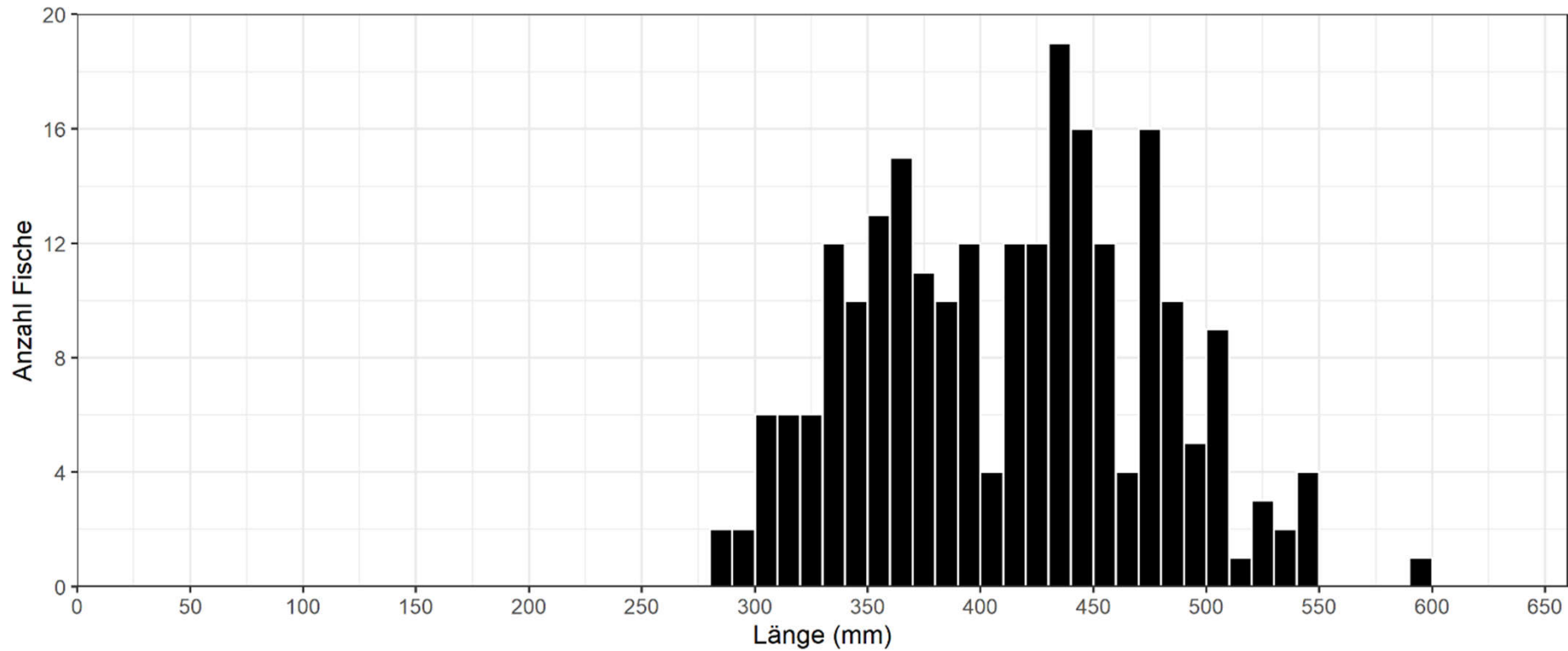
- Mobiles Tracking
- Reguläre Trackings
  - Zusatztrackings



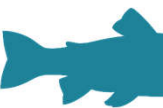


## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

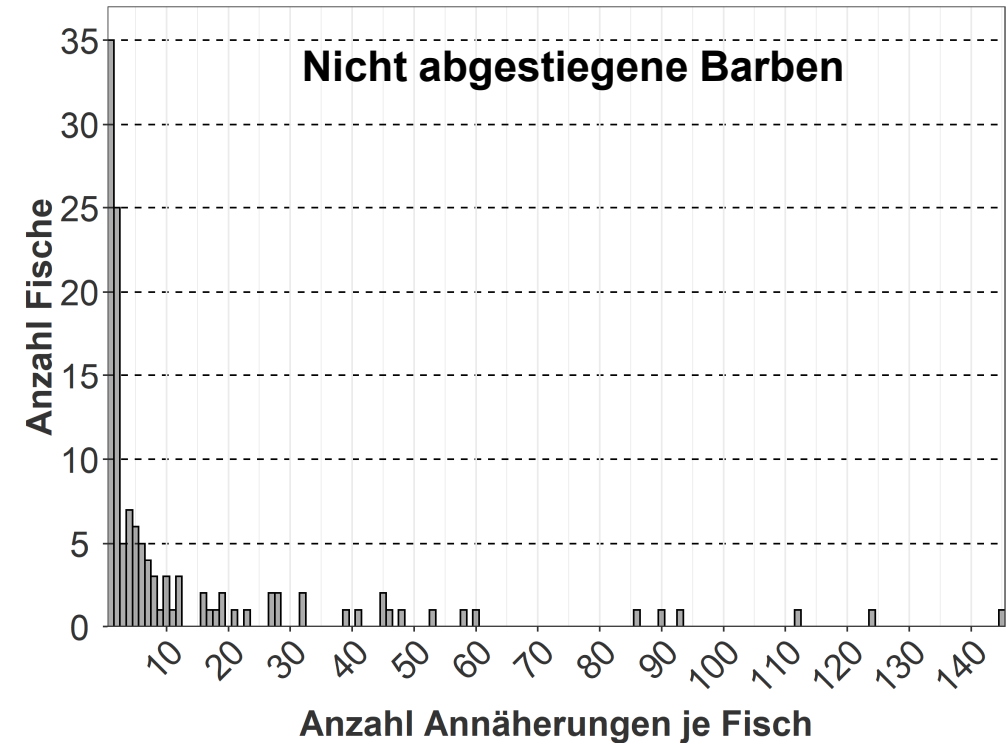
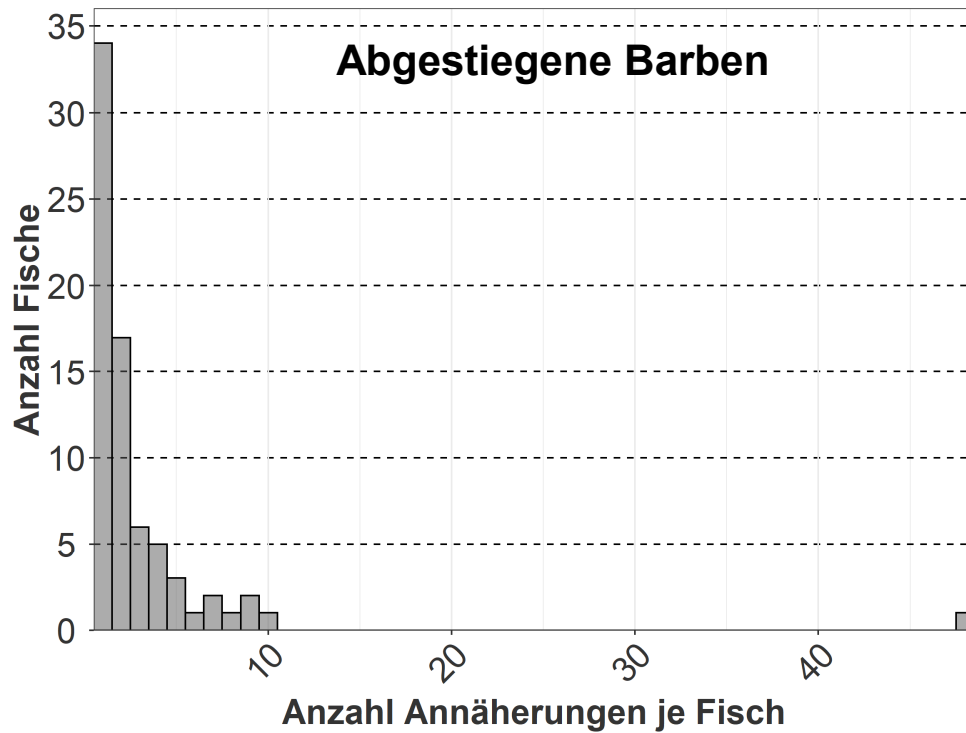
### Längen-Frequenzhistogramm der markierten Barben



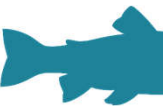
Medianwert der Totallänge bei 416 mm



### Annäherungen an das Kraftwerk

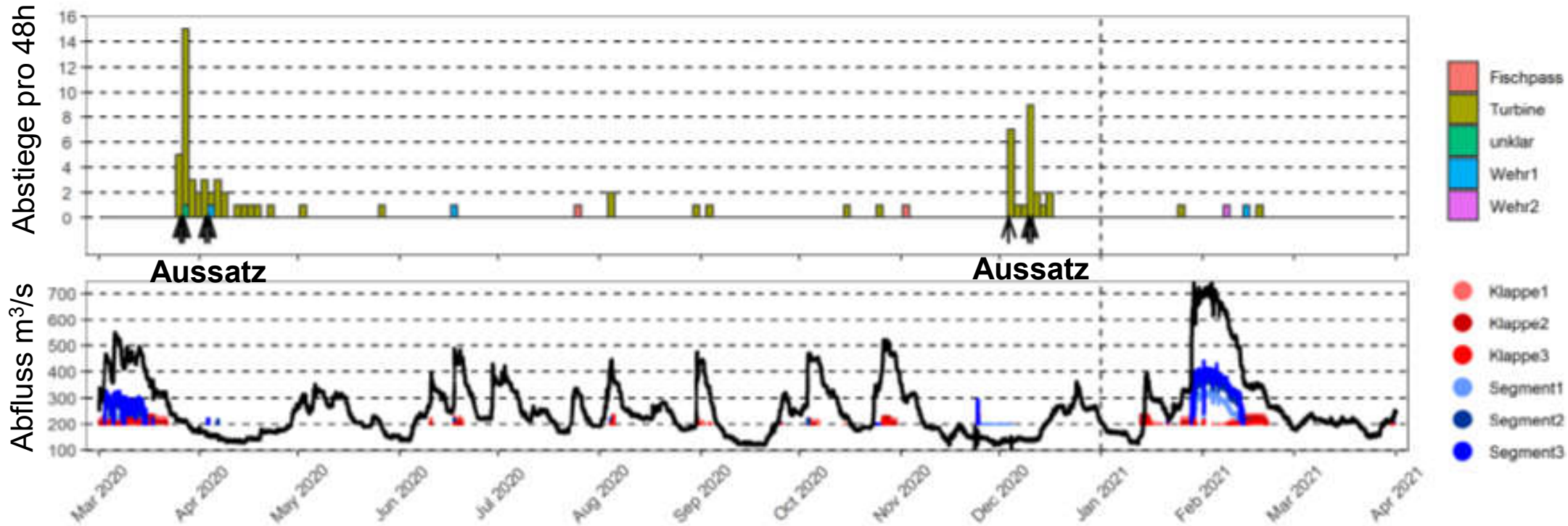


10 konsekutive Detektionen

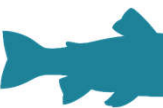


## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Untersuchungszeitraum Studie VAR



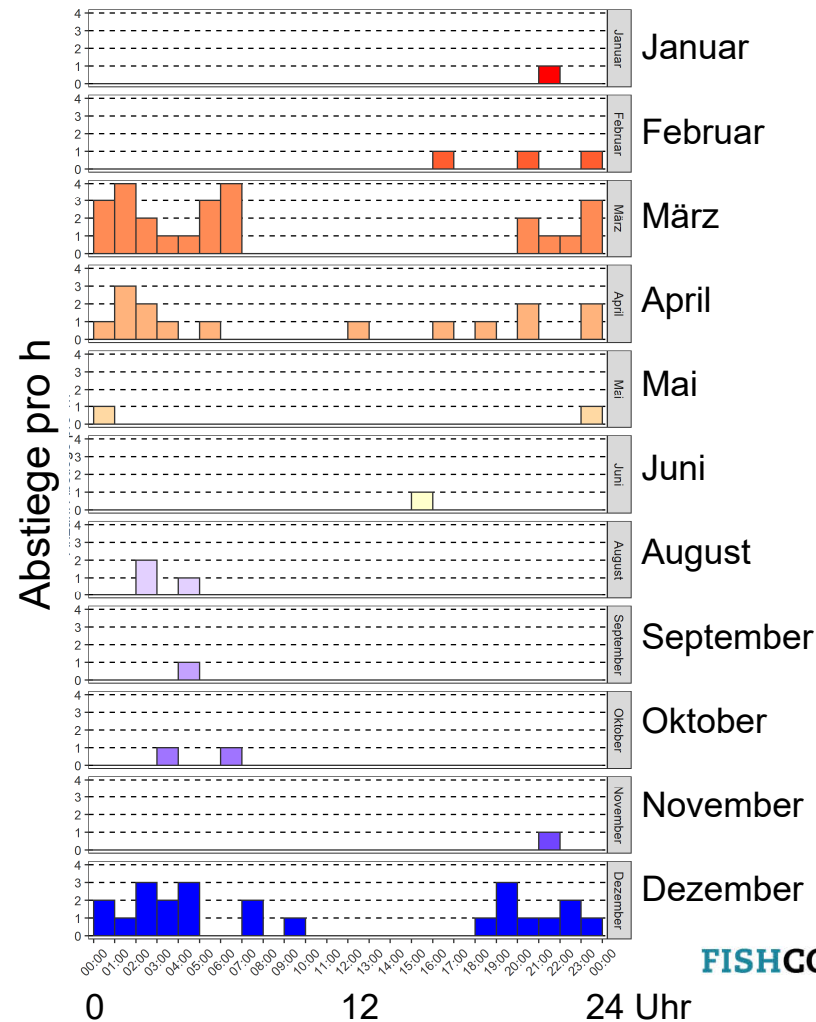
- Viele Abstiege unmittelbar nach Aussatz
- Aussatz in Zeiträumen mit geringen Abflussmengen (kein Wehrabfluss)



## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Abstiege im Tages- und Jahresverlauf

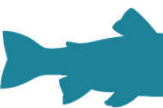
- Die höchste Abstiegsaktivität begann abends ab 18 Uhr und dauerte bis in die frühen Morgenstunden um 7 Uhr.
- Im Verlaufe des Tages erfolgten nur vereinzelte Abstiege.
- Die saisonalen Aspekte spielen eher eine untergeordnete Rolle.
- Barben sind unabhängig von der Saison nachtaktive Fische.



Aussatzzeitpunkt

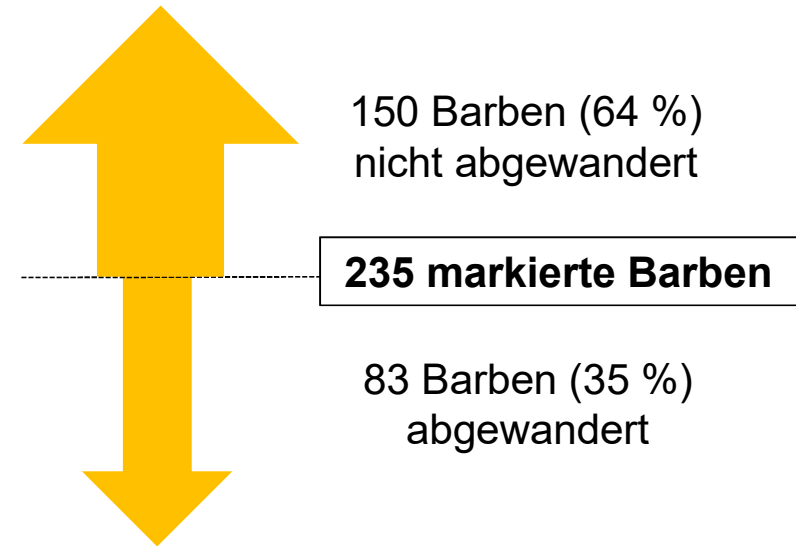
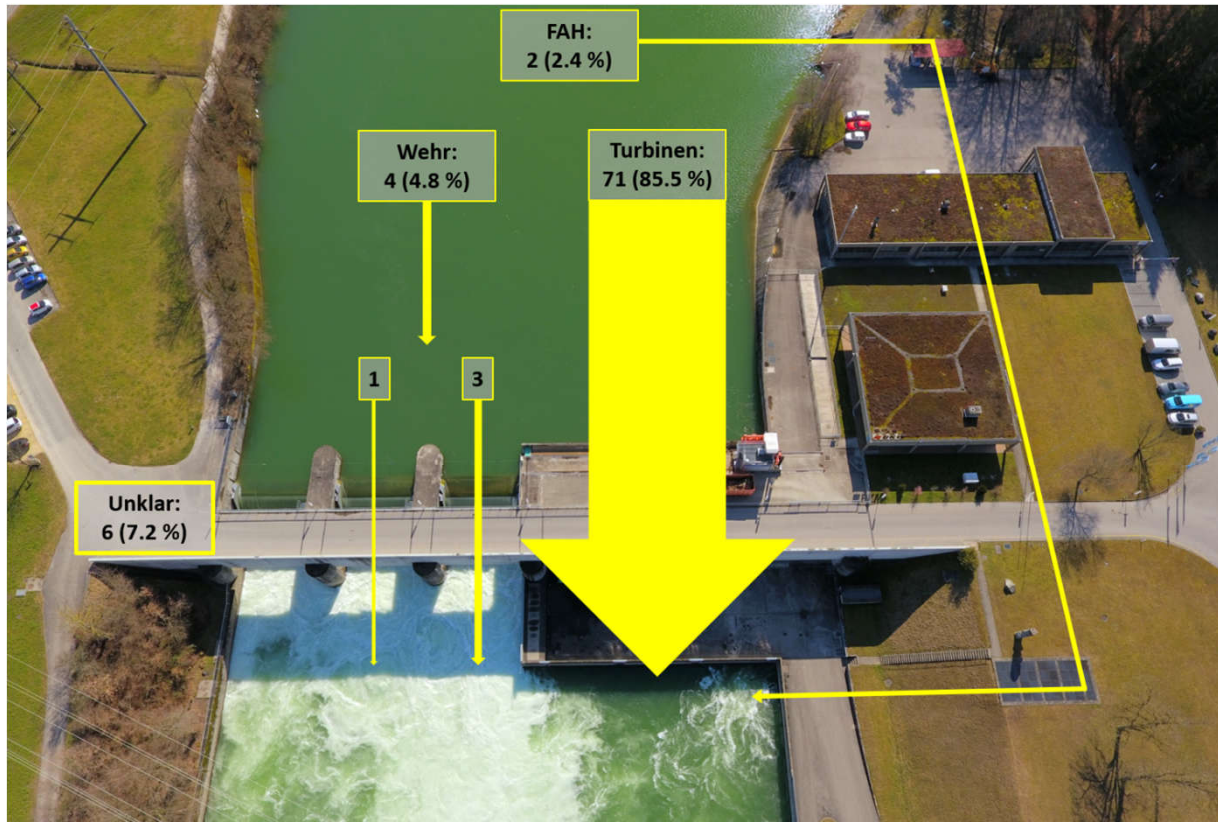
← 25. März bis 2. April 2020

← 3. Bis 10.12.2020

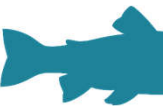


## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Abwanderungskorridore am WKW Bannwil

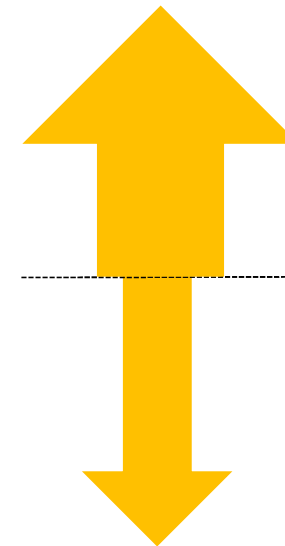
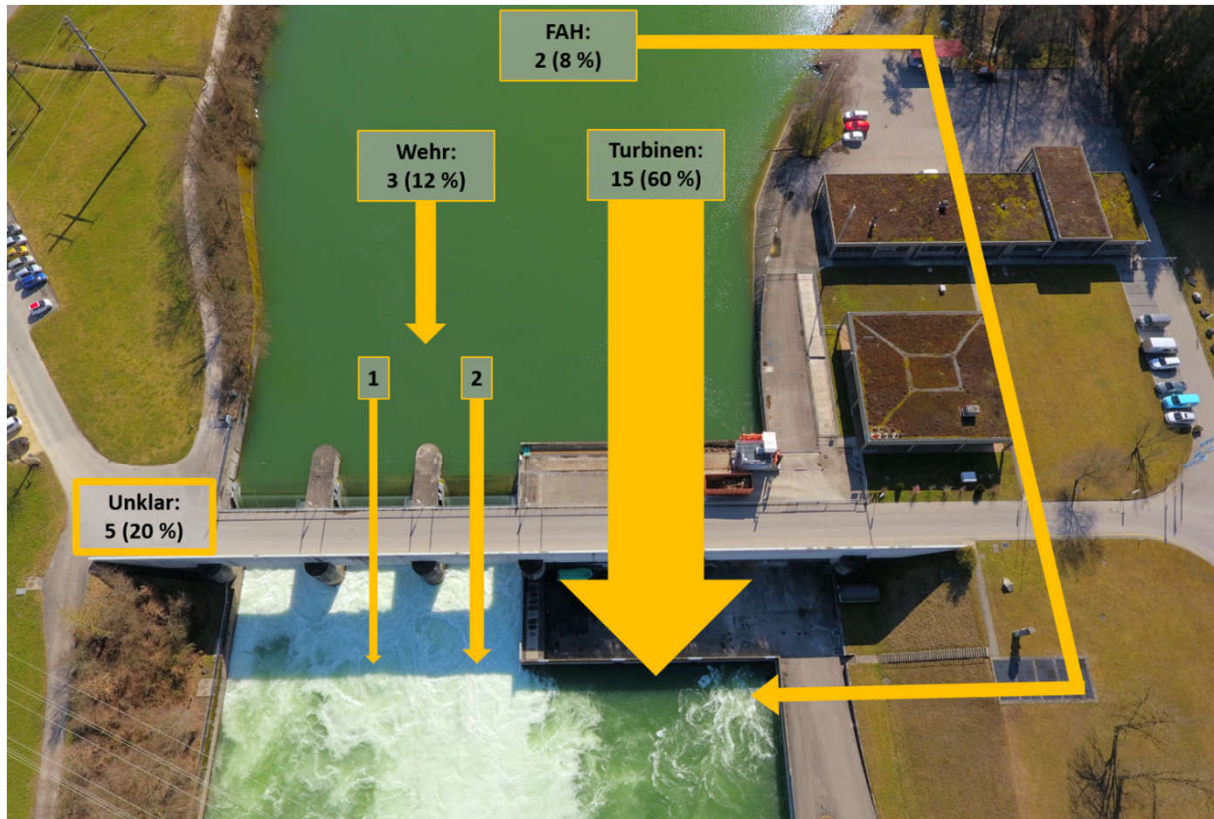


Die Zahl bezeichnet die Anzahl der über diesen Korridor abgestiegenen Fische (N = 83); FAH = Fischaufstiegshilfe

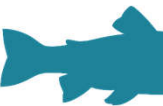


## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

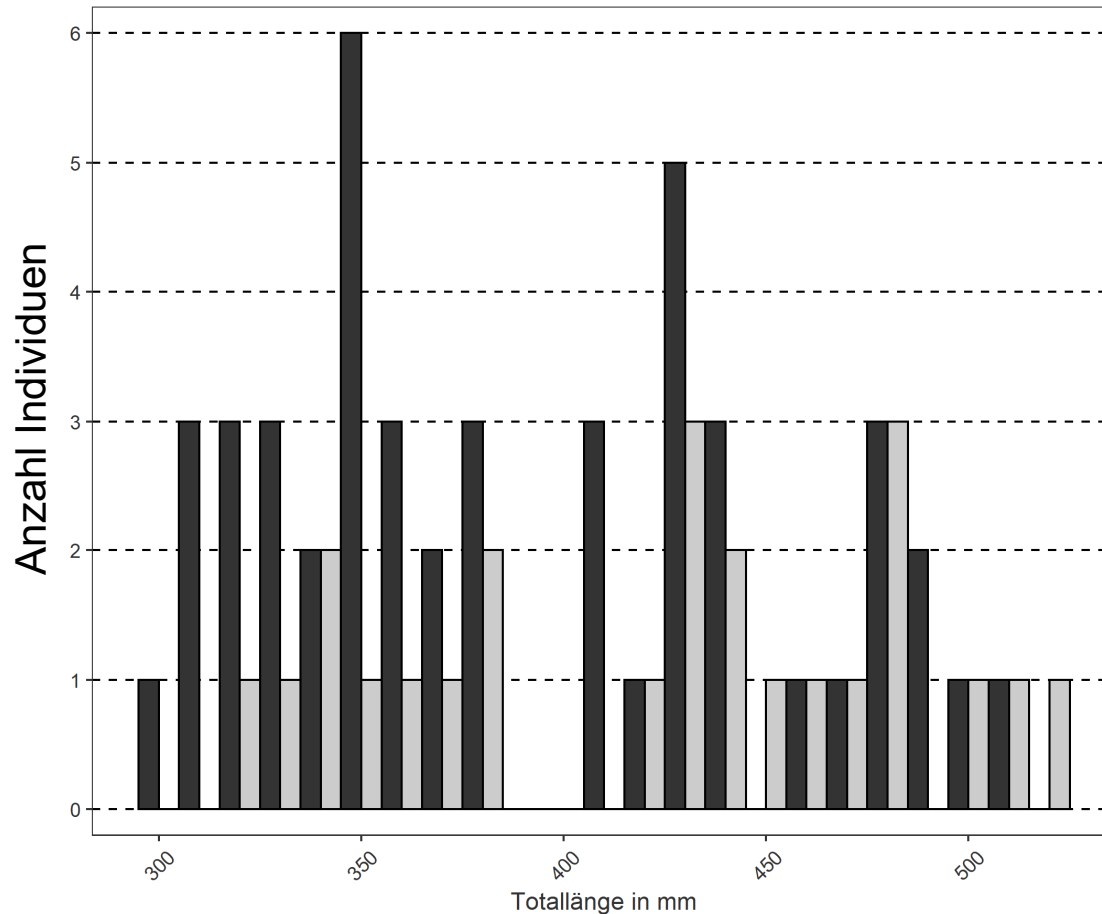
### Abwanderungskorridore am WKW Bannwil, ab 2 Wochen nach Aussatz



Die Zahl bezeichnet die Anzahl der über diesen Korridor abgestiegenen Fische (N = 25); FAH = Fischaufstiegshilfe



### Längenverteilung der über die Turbinen abgestiegenen Fische

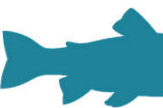


Überlebt

■ ja  
■ unklar

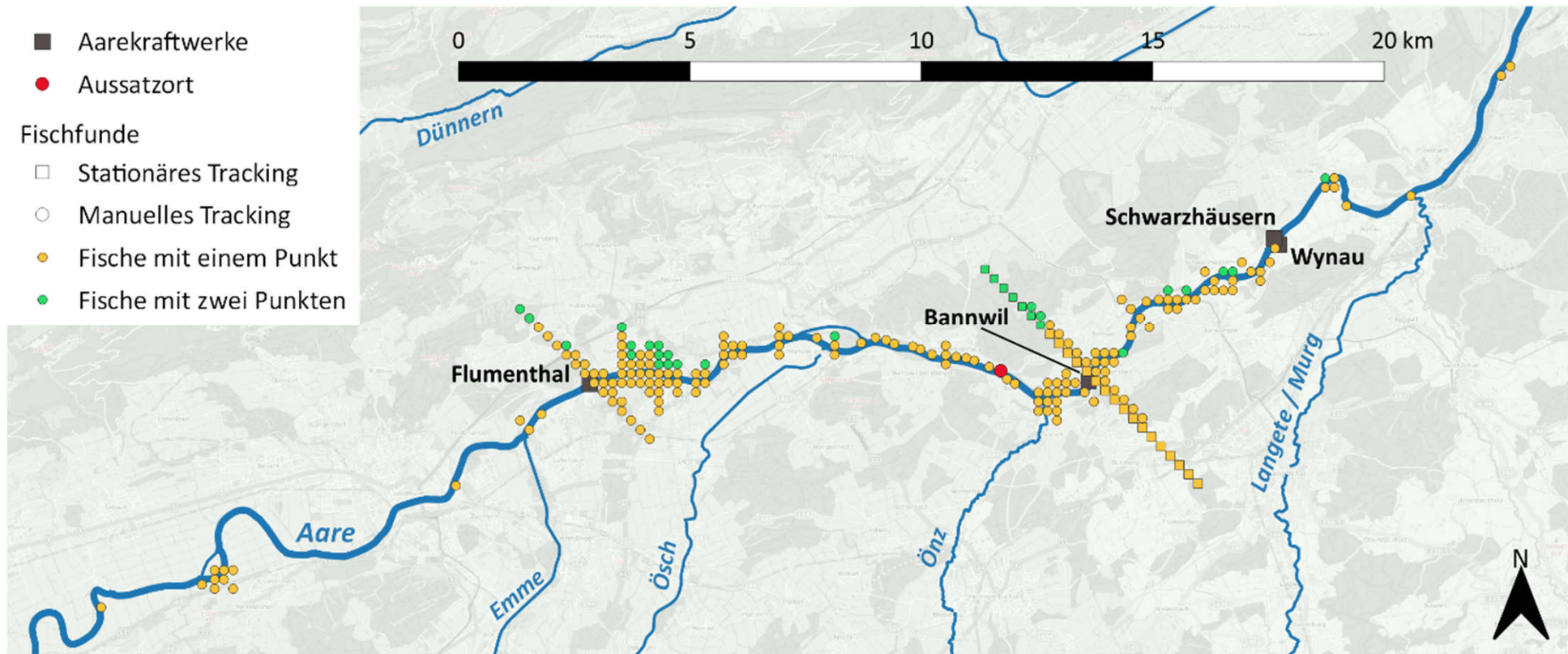
### Überlebensrate

- Mindestens 66 % überlebten die Turbinenpassage (schwarz)
- Für 34 % der Fische ist das Überleben unsicher (grau)

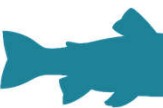


## 8. Resultate der Radiotelemetrischen Untersuchungen

### Fundorte mit der grössten Distanz zum Aussatort je Fisch



Für Fische, die sowohl oberhalb des Aussatortes, als auch unterhalb des WKW Bannwil gefunden wurden, ist der Fundort mit der grössten Distanz in beide Richtungen angegeben (grüne Punkte).





### **Numerische Untersuchungen (VAW)**

- Abschluss Detailberechnungen Zuströmung Bypass
- Schlussbericht

März 2022

Juni 2022

### **Technisches Vorprojekt Fischleitreehen – Bypass-System (BKW)**

- Dokumentation Variantenstudium
- Dokumentation und Pläne Bestvariante

Juni 2022

Juli 2022

### **Radiotelemetrische Untersuchungen (FishConsulting)**

- Schlussbericht

Juni 2022

### **Sensorfischuntersuchungen (TalTech)**

- Schlussbericht

Juni 2022

### **Synthesebericht KWWB / WKW BAN (Axp/BKW)**

- Prüfung ergänzender oder alternativer Systeme / Massnahmen
- Einordnen Verhältnismässigkeit von Bar-Rack-Bypass-Systemen
- Dokumentation Synthesebericht

Sommer 2023

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

