



AFRY
ÄF PÖRY



Fischschutz Ausgleichsbecken Preda und Innerferrera

Kraftwerke Hinterrhein AG

Variantenstudium

115007537

Juli 2023

Bericht

Autor	Morier-Genoud, Guillaume
Unternehmen	AFRY Schweiz AG
Adresse	Herostrasse 12, 8048 Zürich
Telefon	+41443555554
Mobil	+41763562194
E-Mail	guillaume.morier-genoud@afry.com
Datum	28. Juli 2023

Projektnummer
115007537
Kunde
Kraftwerke Hinterrhein AG

Revisionsliste

Ver.	Änderungsvermerk	Geprüfter Status	Kürzel	Genehmigt	Kürzel
0	Erstfassung	12/06/2023	MOG	20/06/2023	SOB
1	Ergänzung Sanierung Geschiebehaushalt und Wirkungskontrolle	19/07/2023	MOG	19/07/2023	MOG
2	Kleinere Ergänzungen und formelle Anpassungen	28/07/2023	DDu	28/07/2023	DDu

Inhaltsverzeichnis

Bericht.....	1
Revisionsliste.....	2
1 Einleitung.....	5
2 Ausgangslage	5
2.1 Auffangbecken Preda.....	5
2.1.1 Beschreibung der Anlage	5
2.1.2 Betrieb des Auffangbeckens	7
2.1.3 Fischbestand und Fischabundanz	9
2.2 Ausgleichsbecken Ferrera.....	10
2.2.1 Beschreibung der Anlage	10
2.2.2 Betrieb des Ausgleichsbeckens	11
2.2.3 Fischbestand und Fischabundanz	13
3 Vorwort zum Sanierungsbedürfnis	13
3.1 Abschätzung Verletzungs- und Todesrisiko	14
3.1.1 Vorgehen der Analyse.....	14
3.1.2 Auffangbecken Preda	15
3.1.3 Ausgleichsbecken Ferrera	17
3.2 Bestätigung des Fischschutzdefizits.....	19
3.2.1 Vorgehen und Datenanalyse.....	19
3.2.2 Diskussion der Datenanalyse.....	22
3.3 Koordinationsbedarf Sanierung Geschiebehaushalt	23
3.4 Zusammenfassung.....	24
4 Generelle Aspekte zum Fischschutz.....	24
4.1 Auslegung der Sanierungsmassnahmen	24
4.2 Wirkungskontrolle.....	25
5 Sanierung Preda.....	25
5.1 Randbedingung	25
5.2 Sanierungsvarianten Fischschutz	25
5.2.1 Variantenübersicht	25
5.2.2 V0 – Ist-Zustand.....	26
5.2.3 V1 - Nachrüstung Rollschütz	26
5.2.4 V2a - Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf.....	27
5.2.5 V2b - Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf und Massnahmen beim Auslass	28
5.2.6 V3 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf	29

5.2.7	V4 - Anpassung des Einlaufbauwerks, neue Vertikalrechen (e = 20 mm) und RRM.....	30
5.2.8	V5 - Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 300 mm) beim Einlauf	32
5.3	Bewertung und Evaluation Bestvariante	33
6	Sanierung Ferrera	34
6.1	Randbedingung	34
6.2	Sanierungsvarianten Fischschutz	34
6.2.1	Variantenübersicht	34
6.2.2	V0 - ist Zustand	34
6.2.3	V1 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf	35
6.2.4	V2 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm), Anpassung Einlauf mit Rollschütz und RRM	36
6.2.5	V3 - Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 30 mm) beim Einlauf	37
6.3	Bewertung und Evaluation Bestvariante	38
7	Referenzen	40

Anhänge

- A Vergleichbaren Seen - Daten der Fischereistatistik für die Periode 2011–2021
- B Bewertung der Varianten
- C Kostenschätzung

1 Einleitung

Das Auffangbecken Preda und das Ausgleichsbecken Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein (KHR) sind Bestandteil der internationalen Stufe Val di Lei – Ferrera. Diese Stufe nutzt das Wasser des Averser- und Hinterrheins mit ihren Zuflüssen, deren Einzugsgebiete teilweise in Italien liegen (Reno di Lei).

Gestützt auf die Resultate der strategischen Planung des Kantons Graubünden sowie die Stellungnahme des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) zu dieser Planung wurden die Wasserfassungen der Becken Preda und Ferrera bezüglich Fischschutz als sanierungsbedürftig eingestuft [1].

Als konzedernde Behörde für Grenzwasserkraftwerke ist aber das Bundesamt für Energie (BFE) und nicht das BAFU zuständig für den Vollzug des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF), folglich zur Feststellung eines Sanierungsbedarfs am Standort eines Grenzwasserkraftwerks sowie zur Anordnung von konkreten Sanierungsmassnahmen. In der Verfügung durch den BFE vom 28. Juli 2021 wurde festgehalten, dass es noch nicht klar ist, welche Sanierungsmassnahmen überhaupt möglich sind, und somit eine Sanierungspflicht noch nicht feststeht [2].

Mittels dieser Verfügung wird dennoch festgehalten, dass ein Variantenstudium zur Sanierung des Fischschutzes bei den beiden Fassungen dem BFE vorzulegen ist. Mit diesem Variantenstudium ist eine bevorzugte Sanierungsvariante vorzuschlagen. Das Variantenstudium muss bis 29. Juli 2023 beim BFE eingereicht werden. Dieses Variantenstudium ist Gegenstand des vorliegenden Berichts.

2 Ausgangslage

2.1 Auffangbecken Preda

2.1.1 Beschreibung der Anlage

Das Auffangbecken Preda bekommt das Wasser des Averser Rheins über die Fassung Juppa sowie den Überleitstollen Avers – Madris und das Wasser des Madrischer Rheins (direktes Einzugsgebiet). Das Wasser aus dem Auffangbecken Preda wird zum Stausee Valle di Lei über den Überleitstollen Madris – Valle di Lei weitergeführt. Ein Übersichtplan ist in Abbildung 2-1 ersichtlich.



Abbildung 2-1: Übersichtplan Stufe Val di Lei – Ferrera

Das Auffangbecken Preda weist eine maximale Fläche von ca. 4 ha auf und wird von der kleinen Bogenmauer Preda aufgestaut (siehe Abbildung 2-2, Foto links). Diese Bogenmauer weist eine Höhe von ca. 23 m und eine Kronenlänge von ca. 100 m auf. Am rechten Flussufer befindet sich der ehemalige Umleitungsstollen, der nach Fertigstellung der Bogenmauer als Grundablass eingerichtet wurde. Dieser Grundablass ist mit zwei nacheinander angeordneten Vertikalschützen ausgerüstet (Betriebschütz und Instandhaltungsschütz). Die Hochwasserentlastung erfolgt über einen freien Überfall auf der Krone der Mauer. Die Restwasserdotierung erfolgt über einen Auslass am Fuss der Bogenmauer.



Abbildung 2-2: Bogenmauer Preda mit Auslass des Überleitstollens Avers – Madris sowie Auslass des Grundablasses ersichtlich (Foto links, rote Kreise) und Einlauf des Überleitstollens Madris – Valle di Lei (Foto rechts)

Der Überleitstollen Madris – Valle di Lei weist ein Gefälle von 3% und eine Länge von 4.6 km auf. Die Breite des Stollens beträgt 2.25 m und die maximale Höhe 2.40 m (Bogenprofil). Die Stollensohle liegt beim Einlauf auf Kote 1'943 m ü.M. und beim Auslass im Stausee Valle di Lei auf Kote 1'929 m ü.M.. Aufgrund der möglichen Wasserstandschwankungen des Stausees Valle di Lei (Stauziel 1'931 m ü.M., Senkziel 1'830 m ü.M.) sind beim Auslass Höhenunterschiede von bis zu annähernd 100 m möglich (siehe Abbildung 2-3).

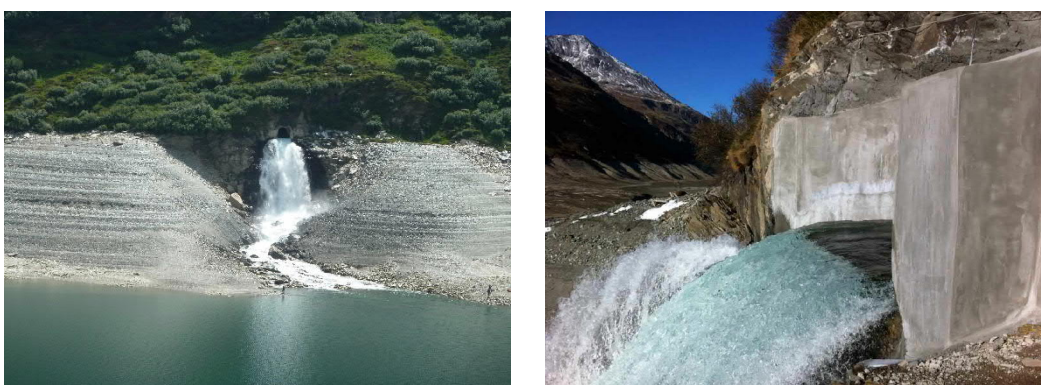


Abbildung 2-3: Auslass des Überleitstollens Madris – Valle di Lei. Der Wasserstand im Stausee auf dem linken Foto ist ca. auf 1'900 m ü.M..

Der Einlauf des Stollens (lichte Breite: 5.05 m, lichte Höhe: 3.50 m) ist mit einem Grobrechen mit Stababstand (lichte Weite) vom 300 mm ausgestattet (siehe Abbildung 2-2, Foto rechts) zum Schutz des Stollens gegen den Eintrag von Schwemmh Holz und gegen das Betreten von Personen. Gemäss Betreiber ist dieser Rechen weiterhin aus

einem besonderen Grund installiert worden: er soll vermeiden, dass Kadaver von Kühen und Schafen aus oberliegender Viehzucht durch den Stollen in die Stauanlage Valle di Lei gelangen (Grenzüberquerung).

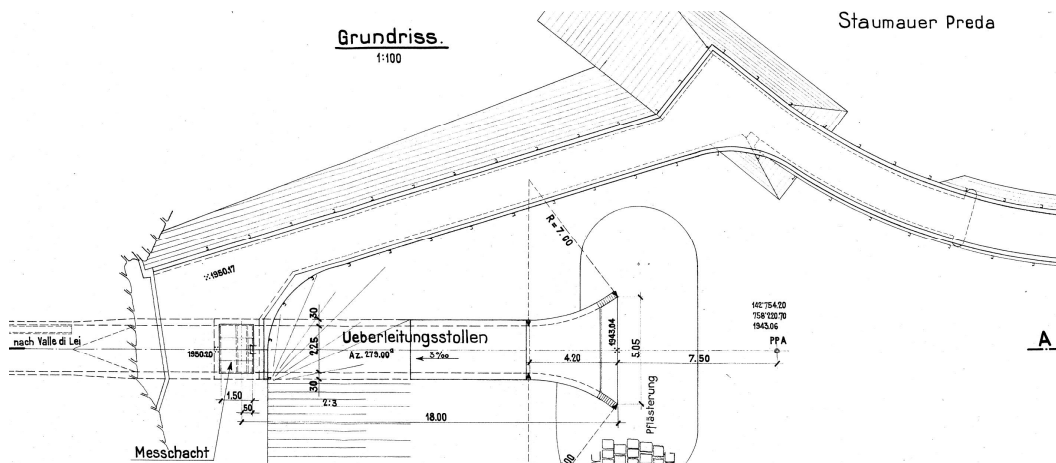


Abbildung 2-4: Grundriss vom Einlauf des Überleitstollens Madris – Valle di Lei

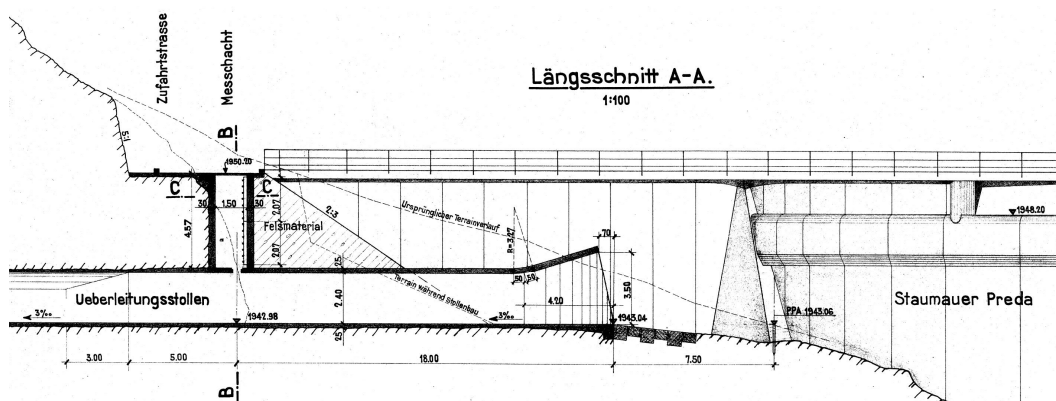


Abbildung 2-5: Längsschnitt vom Einlauf des Überleitstollens Madris – Valle di Lei

Der Überleitstollen ist 2011 mit einem Rollschütz (lichte Breite: 2.20 m, lichte Höhe: 2.40 m) im Messschacht des Stollens nachgerüstet worden (Abbildung 2-5). Weitere Instandsetzungsmassnahmen wurden im Winter 2012-2013 ausgeführt (neue Spülleitung am Fuss der Bogenmauer und neuer Auslass zur Restwasserabgabe). Bei dieser Gelegenheit wurde das Auffangbecken zum ersten Mal komplett entleert.

2.1.2 Betrieb des Auffangbeckens

2.1.2.1 Wasserentnahme und Hydrologie

Die Wasserstände im Auffangbecken Preda und die korrespondierenden Durchflüsse des Überleitstollens Madris – Valle di Lei über die 5 letzten Jahren sind in Abbildung 2-6 dargestellt.

Der Wasserstand im Auffangbecken hängt nur von den Zuflüssen ab und wird nicht aktiv reguliert. Im Überleitstollen Madris – Valle di Lei tritt somit die meiste Zeit einen Freispiegelabfluss auf.

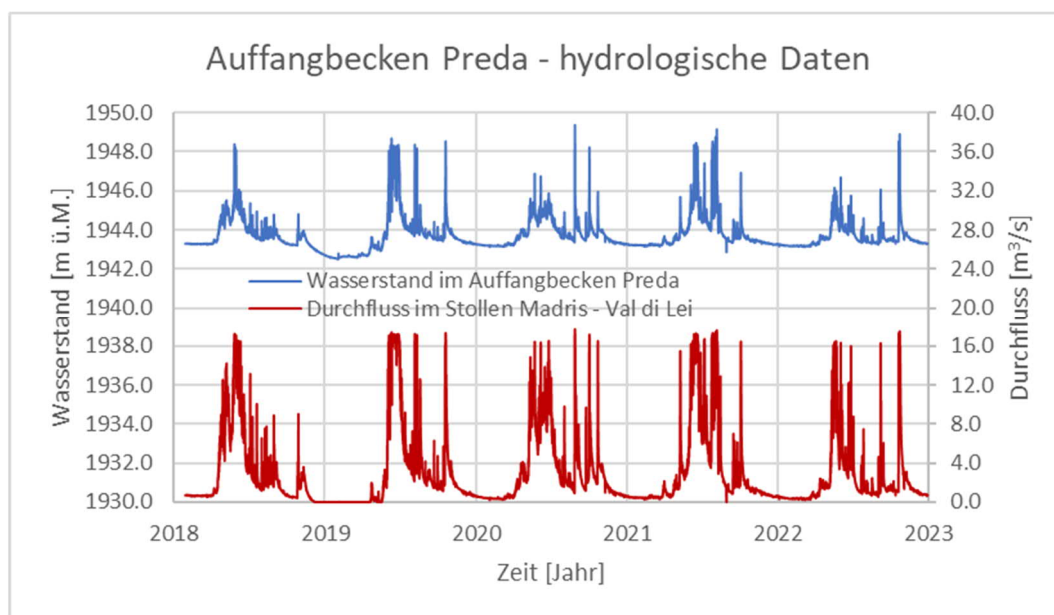


Abbildung 2-6: Wasserstände im Auffangbecken Preda und die korrespondierenden Durchflüsse im Überleitstollen Madris – Valle di Lei

Ein Druckabfluss ergibt sich nur bei hohen Zuflüssen und es können bis $\sim 17.5 \text{ m}^3/\text{s}$ durch den Überleitstollen geführt werden. In dieser Situation befindet sich der Wasserstand im Auffangbecken auf dem Kronenniveau des freien Überfalls (1948 m ü.M.). Beim Einlauf des Stollens entsteht ein Wirbel. Bei sehr grossem Hochwasser kann sich einen Überlauf über der ganzen Bogenmauerkrone (1950 m ü.M.) ergeben.

2.1.2.2 Sediment

Seit 2010 läuft eine Versuchsphase zur Festlegung eines Spülregimes für das Auffangbecken. Es sollten in der Zukunft regelmässige Spülungen im Becken (alle 4 bis 6 Jahre) durchgeführt werden [3].

Im Rahmen dieser Versuchsphase und im Vorfeld der Entleerung und Bauarbeiten von Winter 2012-2013 (siehe Kapitel 2.1.1) wurde das Auffangbecken erstmals seit Betriebsaufnahme im Mai 2011 gespült. Die hydrologischen Voraussetzungen für eine neue Spülung haben sich seitdem nicht mehr ergeben und keine weitere Spülung des Beckens wurde durchgeführt [3].

2.1.2.3 Geschwemmsel

Historisch war der Geschwemmsel eintrag in das Auffangbecken gering und der Grobrechen konnte von Hand gereinigt werden. Gemäss Betreiber wachsen aber neu im Einzugsgebiet Erle und kleine Tanne, und in den letzten Jahren wurden dementsprechend viel mehr Geschwemmsel im Becken beobachtet. Gelegentlich musste sogar der Grobrechen mit einem Bagger und Greifer freigelegt werden. Die kritische Zeit findet während der Schneeschmelze statt, wenn grosse Mengen an Totholz, das von Lawinen mobilisiert wurde, in das Becken gelangen können.

2.1.2.4 Zugänglichkeit

Im Winter ist die Zufahrtstrasse zum Auffangbecken geschlossen. Bei der Schneeschmelze ist der Auffangbecken oft noch nicht zugänglich.

2.1.3 Fischbestand und Fischabundanz

Der Fischbestand im Auffangbecken Preda umfasst vor allem Bachforellen. Die Daten der Fischereistatistik¹ für die Periode 2011–2021 sind in Abbildung 2-7 dargestellt [4].

In dieser Abbildung sind die Ereignisse (Anzahl Fischgänge), Anzahl Fänge und CPUE (Fangerfolg pro Fischgang oder catch per unit effort) angegeben. Der CPUE stellt den Quotienten aus dem Gesamtfang und der Anzahl der Fischgänge dar und ergibt folglich die durchschnittliche Fangmenge, die ein Fischer pro Fischgang getätigt hat. Generell deuten Änderungen der CPUE auf Änderungen der tatsächlichen Fischabundanz hin. Ein abnehmender CPUE kann z.B. auf Überfischung oder ein Fischsterben hindeuten, während ein gleichbleibender CPUE auf eine nachhaltige Befischung und stabile gewässerökologische Bedingungen hindeutet.

Die Spülung im Frühjahr 2011 hatte gemäss Amt für Jagd und Fischerei (AJF) wenig Einfluss auf den Fischbestand im Becken [5]. Der CPUE im Jahr 2011 ist tatsächlich eher hoch (siehe Abbildung 2-7). Der starke Rückgang des CPUE ab 2012 ist sehr wahrscheinlich auf die langdauernde Beckenentleerung im Winter 2012-2013 zurückzuführen. Auf die Wiederfüllung des Beckens folgte im Jahr 2013 ein spezieller Besatz im Becken mit 1100 neuen Fischen [4] (NB die Besatzmenge oberhalb vom Becken im Madrischer Rhein (FSA-226) beträgt jährlich 800 Fische). Der CPUE stieg entsprechend ab 2016 wieder an.² Der Anstieg von Ereignissen im Jahr 2020 ist auf die Covidpandemie zurückzuführen, während welcher deutlich mehr Tagespatente erworben wurden, [6].

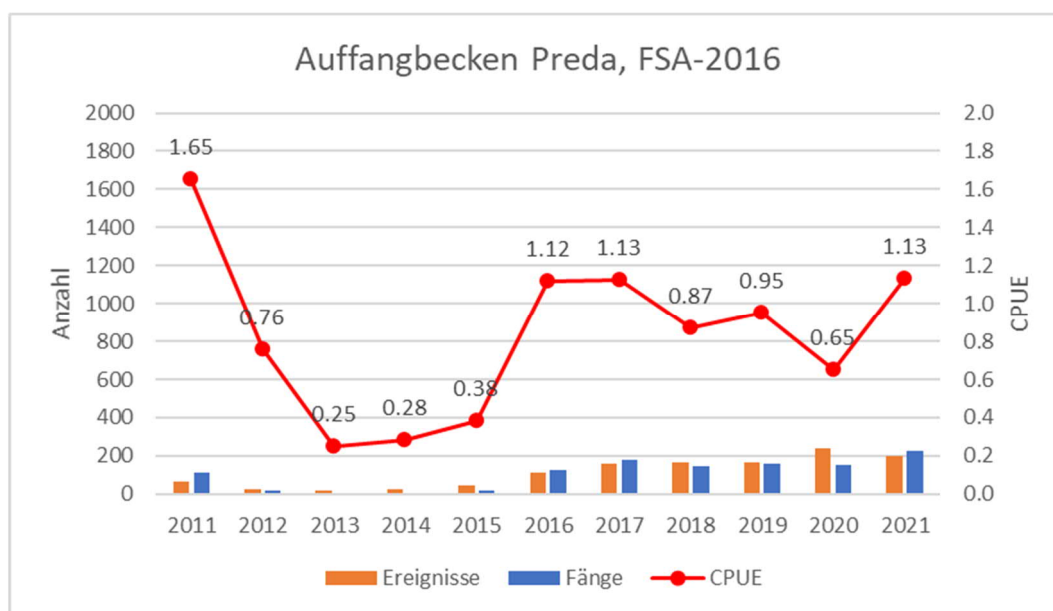


Abbildung 2-7: Daten der Fischereistatistik für die Periode 2011–2021 im Auffangbecken Preda (Quelle Daten: AJF Kanton GR)

¹ Seit 2002 sind Fischer im Kanton Graubünden verpflichtet, ihre Aktivität und dabei erzielten Fänge zu protokollieren und das Ergebnis dem kantonalen Amt für Jagd und Fischerei mitzuteilen, der im Rahmen seiner Aufgaben als kantonales Fischereimanagement eine Fischereistatistik führt.

² Im Madrischer Rhein inkl. Auffangbecken Preda gilt ein Fangfenster (erlaubter Fangbereich) zwischen 26 cm und 34 cm für Bachforelle [7]. Diese Fangfenster soll gewährleisten, dass die Erstlaicher mindestens einmal zur Fortpflanzung gelangen, bevor sie vom Fischer behändigt werden dürfen, sowie auch grosse, aus reproduktionsbiologischer Sicht sehr wertvolle Fische, geschützt werden. Altersklassen bis 2-3 Jahre sind daher dank diesen Fangfenster geschützt.

2.2 Ausgleichsbecken Ferrera

2.2.1 Beschreibung der Anlage

Das Ausgleichsbecken Ferrera (Innerferrera) bekommt das Wasser des Averser Rheins (Teileinzugsgebiet unterhalb von Ausleitungen des Hauptkraftwerkes Ferrera). Dieses Wasser wird zum Nebenkraftwerk Ferrera via Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera weitergeführt. Ein Übersichtplan ist in Abbildung 2-8 ersichtlich.



Abbildung 2-8: Übersichtplan Stufe Val di Lei – Ferrera

Dieses Ausgleichsbecken weist eine maximale Fläche vom etwa 4 ha auf und wird vom Gewichtsmauer Innerferrera aufgestaut (siehe Abbildung 2-9, Foto links). Diese Gewichtsmauer weist eine Höhe von ca. 28 m und eine Kronenlänge von ca. 61 m. Die Hochwasserentlastung erfolgt über zwei mit Klappen ausgerüsteten Überfälle und zwei mit Segmentschütz ausgerüsteten Grundablässe. Die Restwasserdotierung erfolgt über einen Auslass am Fuss der Gewichtsmauer (siehe Abbildung 2-9 Foto rechts).



Abbildung 2-9: Gewichtsmauer Innerferrera mit Einlauf vom Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera bei leerem Becken (Foto links) und Gewichtsmauer vom Unterwasser mit laufendem Dotierungsauslass (Foto rechts)

Am rechten Flussufer befindet sich der Einlauf (lichte Breite: 5.15 m, lichte Höhe: 3.50 m) des Druckstollens Wehr – Zentrale Ferrera. Der Einlauf ist mit einem Rechen mit Stababstand (lichte Weite) von 30 mm geschützt.

Der Druckstollen weist eine Länge von 1.0 km mit verschiedenen Querschnitten und Gefällen auf. Der Averser Rhein wird etwa in der Mitte des Stollenverlaufs mit einem Aquädukt durchgequert.

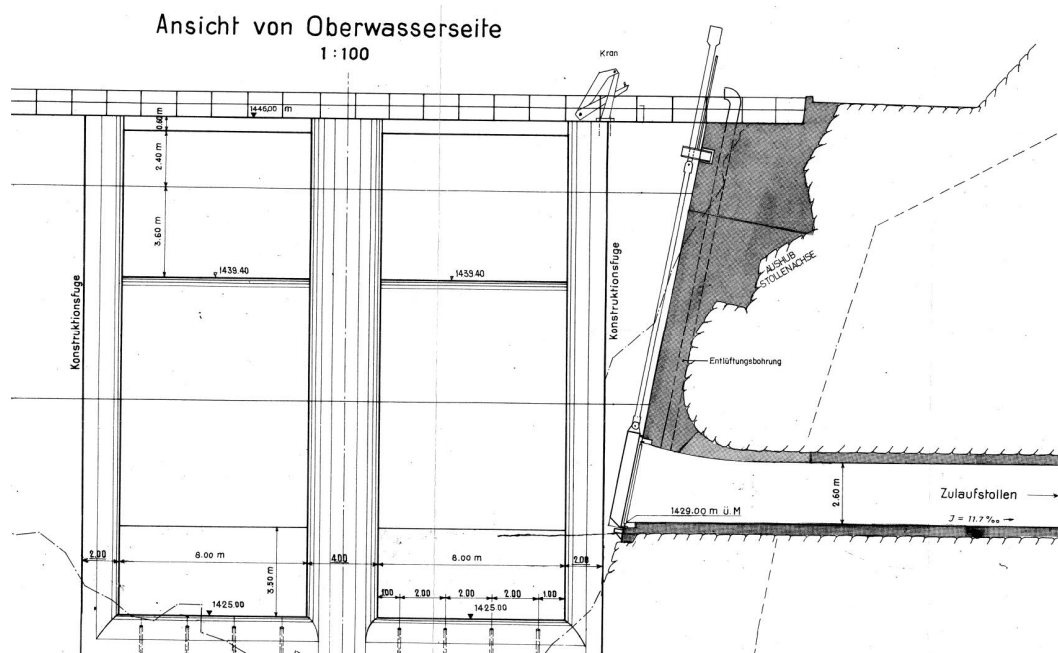


Abbildung 2-10: Längsschnitt vom Einlauf des Druckstollens Wehr – Zentrale Ferrera

Der Druckstollen wurde mit einem Rollschütz vor 30 Jahren nachgerüstet. Dieses Schütz ist direkt über dem Einlaufrechen montiert und dient als Sicherheitsorgan des Stollens (Lastfall: Versagen des Aquädukts des Druckstollens). Dieses Schütz wird auch bei Inspektion des Stollens eingesetzt. Seit dieser Nachrüstung verzichtet der Einlaufrechen auf eine Rechenreinigungsmaschine (RRM).

Extensive Instandsetzungsmassnahmen wurden im Winter 2012-2013 ausgeführt. Bei dieser Gelegenheit wurde das Ausgleichsbecken komplett entleert. Die hydromechanische Ausrüstung (Segmentschütz und Klappen) wurde komplett saniert. Gewisse Betonierungsfugen und Blockfugen wurden injiziert. Die Betonoberfläche des Damms an der Oberwasserseite (lokal) sowie auf vertikalen Pfeilerflächen im Bewegungsbereich der Klappen wurde auch saniert (siehe Abbildung 2-9, Foto links).

2.2.2 Betrieb des Ausgleichsbeckens

2.2.2.1 Wasserentnahme und Hydrologie

Die Wasserstände im Ausgleichsbecken Ferrera und die korrespondierenden Durchflüsse im Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera über die 5 letzten Jahren sind in Abbildung 2-11 dargestellt.

Der Ausgleichsbecken dient als Tagesspeicher, sodass grosse Variationen im Wasserstand finden im Ausgleichsbecken infolge Turbinen- und Pumpenbetrieb des Kraftwerkes Ferrera täglich statt.

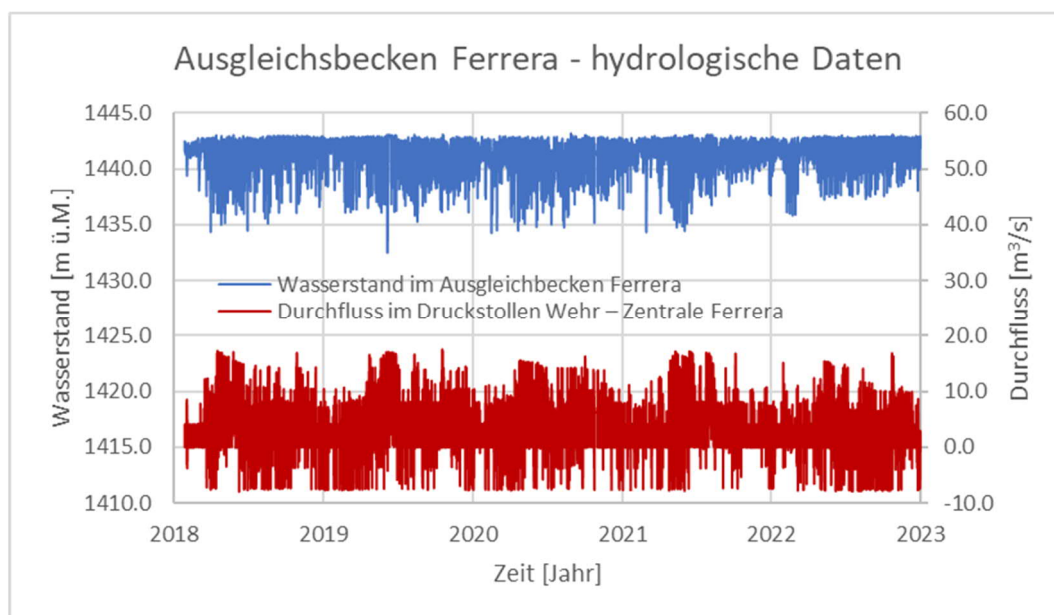


Abbildung 2-11: Wasserstände im Ausgleichsbecken Ferrera und die korrespondierenden Durchflüsse im Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera

Der Wasserstand im Ausgleichsbecken variiert zwischen 1434 m ü.M. und 1443 m ü.M. Die maximale Betriebswassermenge beträgt 17 m³/s im Turbinenbetrieb und 8 m³/s im Pumpbetrieb.

2.2.2.2 Sediment

Seit 2010 läuft eine Versuchsphase zur Festlegung eines Spülregimes für das Ausgleichsbecken. Es sollten in der Zukunft regelmässige Spülungen im Becken (alle 2 bis 3 Jahre) durchgeführt werden [3].

Im Rahmen dieser Versuchsphase und im Vorfeld der Entleerung und Bauarbeiten von Winter 2012-2013 (siehe Kapitel 2.2.1) wurde das Ausgleichsbecken im Juni 2012 gespült und entleert. Die letzte vorherige Spülung wurde im Jahr 2004 durchgeführt. Eine weitere Spülung im Rahmen der Versuchsphase erfolgte im Juli 2019 [3].

2.2.2.3 Geschwemmsel

Der Einlaufrechen hat keine RRM. Dieser Rechen wird nur durch kleines Geschwemmsel (Nadeln, kleine Äste) verlegt und wird dank dem regelmässigen Pumpenbetrieb aus Nebenkraftwerk Ferrera sauber gehalten.

2.2.2.4 Zugänglichkeit

Das Ausgleichsbecken ist ganzjährig via der Averserstrasse zugänglich.

2.2.2.5 Diverses

Bei der Entleerung des Druckstollens zur Inspektionszwecke wurden Fische im Stollen beobachtet, die zu gross waren, um durch den Einlaufrechen geschwommen zu sein.

2.2.3 Fischbestand und Fischabundanz

Der Fischbestand im Ausgleichsbecken Ferrera umfasst vor allen Bachforellen. Die Daten der Fischereistatistik für die Periode 2011–2021 sind in Abbildung 2-12 dargestellt [4] (für Begriffe siehe Kapitel 2.1.3).

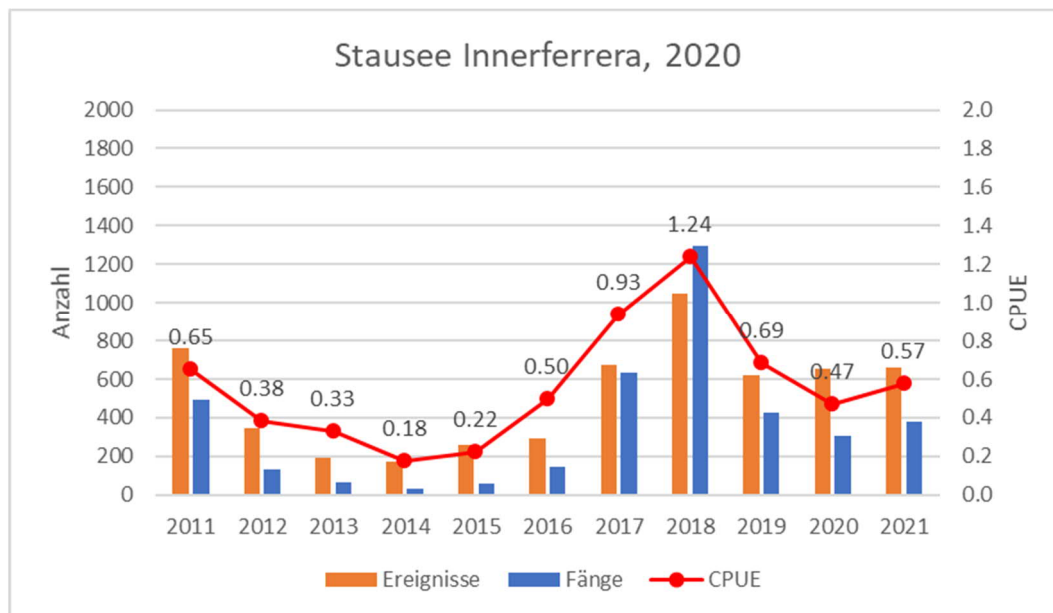


Abbildung 2-12: Daten der Fischereistatistik für die Periode 2011–2021 im Ausgleichsbecken Ferrera (Quelle Daten: AJF Kanton GR)

Der Rückgang des CPUE ab 2012 ist sehr wahrscheinlich auf die langdauernde Beckenentleerung im Winter 2012-2013 zurückzuführen. Auf die Wiederfüllung des Beckens folgte im Jahr 2013 kein spezieller Besatz (im Gegensatz zum Auffangbecken Preda). Die Besatzmenge oberhalb des Stausees im Averser Rhein (FSA-223) wurde aber in 2015 von 1200 auf 3900 Fischen erhöht, was den Peak der Fänge in 2018 erklären könnte³, unter Annahme einer Verdriftung von einigen dieser Fische in das Becken. Die Besatzmenge wurde aber ab 2016 auf 840 Fischen reduziert, was mit dem Rückgang des CPUE ab 2019 übereinstimmt. Dieser Rückgang fällt auch mit der Spülung des Beckens im Juli 2019 zusammen.

3 Vorwort zum Sanierungsbedürfnis

In der kantonalen strategischen Planung [1] wurde ein potenzielles Fischschutzdefizit bei den Wasserfassungen des Auffangbeckens Preda und des Ausgleichsbeckens Ferrera identifiziert. In Preda besteht eine Verletzungs- oder Todesgefahr bei einer Verdriftung der Fische ins Betriebswasser wegen des potenziellen Höhenunterschieds zwischen dem Auslass des Stollens und dem Wasserstand im Stausee Val di Lei. In Ferrera besteht eine Todesgefahr durch die Turbinenpassage bei einer Verdriftung der Fische ins Betriebswasser, oder eine Verletzungs- oder Todesgefahr durch das Anpressen von Fischen an den Einlaufrechen.

³ Im Averser Rhein ab der Einmündung der Madrischer Rhein inkl. Auffangbecken Ferrera gilt ein Fangfenster (erlaubter Fangbereich) zwischen 26 cm und 34 cm für Bachforelle [4]. Altersklassen bis 2-3 Jahre sind daher dank diesen Fangfenster geschützt.

Dieses Kapitel befasst sich als erstes mit den Wahrscheinlichkeiten dieser Gefahren (=Risiken), welche in der strategischen Planung nicht evaluiert wurden, auf der Grundlage der hydrologischen Daten von beiden Fassungen. Im zweiten Teil des Kapitels, wird versucht dieses potenzielle Fischschutzdefizit auf der Grundlage von Daten der kantonalen Fischereistatistiken zu bestätigen. Im dritten Teil des Kapitels wird dieses Fischschutzdefizit den potenziellen Auswirkungen einer Sanierung des Geschiebehaushalts gegenübergestellt und ein allfälliger Koordinationsbedarf zwischen beiden Sanierungsverfahren wird diskutiert.

3.1 Abschätzung Verletzungs- und Todesrisiko

3.1.1 Vorgehen der Analyse

Die kritischen Situationen, die zu einer Verletzungs- oder Todesgefahr bei den beiden Wasserfassungen führen, werden im Folgenden identifiziert und ihre Wahrscheinlichkeit grob abgeschätzt. Das Vorkommen einer Verletzungs- oder Todesgefahr ist nur durch Eintreten der folgenden Reihe von voneinander unabhängigen Ereignissen möglich:

- Auffinden Einlauf: die Position des Einlaufs im Becken muss mit dem Schwimmhorizont (Tiefe) von Fischen übereinstimmen, sodass das Auffinden des Einlaufs stattfinden kann. Darüber hinaus können abwandernde Fische durch die Strömung zum Einlauf geleitet werden. Je grösser der Abfluss der Entnahme, desto grösser wird diese Leitströmung zum Einlauf. Die Bedeutung der Leitströmung ist jedoch nicht so gross wie für den Fischaufstieg: die Stärke von Geschwindigkeiten im Becken nimmt mit zunehmender Entfernung schnell ab. Das Auffinden des Einlaufs durch Fische (in einem bestimmten Schwimmhorizont) ist daher vor allem mit Zufall verbunden⁴ und die Wahrscheinlichkeit des Auffindens nimmt mit der Grösse des Beckens ab.
- Passage durch Einlaufrechen und Verdriftung in den Stollen: falls ein Rechen beim Einlauf vorhanden ist, muss die lichte Weite der Rechenstäbe ausreichend gross sein, um die Passage von Fischen zu ermöglichen. Darüber hinaus muss die Dauerschwimmgeschwindigkeit von Fischen, die durch den Rechen schwimmen können, tiefer sein als die Fliessgeschwindigkeit im Stollen, sodass zu einer Verdriftung dieser Fische kommen kann.
- Verletzung/Tod beim Auslass des Überleitstollens bzw. der Turbinen: bei einer Verdriftung in den Überleitstollen Madris – Valle di Lei besteht nur eine Gefahr bei grossen Höhenunterschieden zwischen dem Auslass des Stollens und dem Wasserstand im Stausee Val di Lei. Bei einer Verdriftung in den Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera ist mit einem Tod der Fische durch die Turbinenpassage zu rechnen.
- Anpressen an Rechen: Alternativ muss (nach dem Auffinden des Einlaufs) die Dauerschwimmgeschwindigkeit von Fischen, welche nicht durch den Rechen schwimmen können, tiefer sein als die Fliessgeschwindigkeit durch den Einlaufrechen, was zu einem Anpressen an den Rechen führen kann (mit entsprechender Verletzungs- oder Todesgefahr).

⁴ Die Abhängigkeit vom Abfluss für das Auffinden des Einlaufs wird aufgrund der Grösse von den beiden Becken vernachlässigt. Die Wahrscheinlichkeit des Auffindens des Einlaufs und die Wahrscheinlichkeit der Verdriftung in den Stollen bzw. des Anpressens an Rechen sind daher unabhängig.

Die Wahrscheinlichkeiten für das Vorkommen dieser Ereignisse, die in den nächsten Kapiteln vorgeschlagen werden, beziehen sich auf einen groben Zeithorizont von einem Jahr. Folgenden Begriffe werden angewendet:

- hoch: hohe Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont ($P = \sim 1$)
- ziemlich hoch: ziemlich hohe Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont ($P \geq \sim 0.5$)
- mittel: mittlere Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont ($P = \sim 0.5$)
- gering: kleine Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont ($P \leq \sim 0.5$)
- null: sehr kleine Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont ($P = \sim 0$)

3.1.2 Auffangbecken Preda

Die Dauerkurve der Wasserstände im Auffangbecken Preda ist in Abbildung 3-1 dargestellt. In dieser Abbildung sind auch die Koten des Einlaufs des Überleitstollens Madris – Val di Lei ersichtlich. Die Dauerkurven der Durchflüsse und der Geschwindigkeiten im Überleitstollen Madris – Val di Lei sind in Abbildung 3-2 dargestellt. Der Wasserstand im Becken wird nicht reguliert und hängt nur vom Durchfluss im Überleitstollen ab.

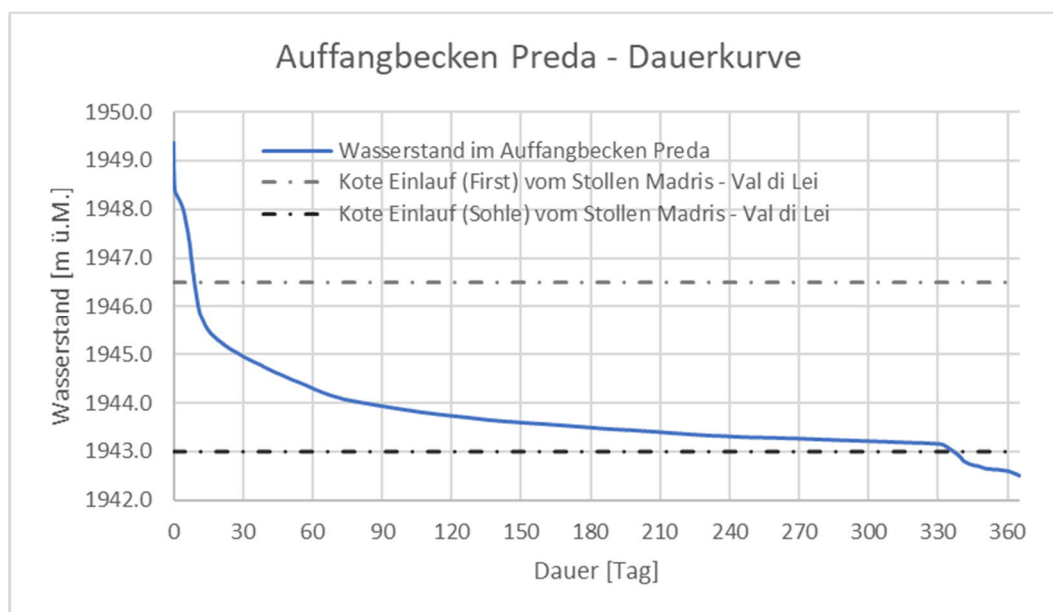


Abbildung 3-1: Dauerkurve der Wasserstände im Auffangbecken Preda

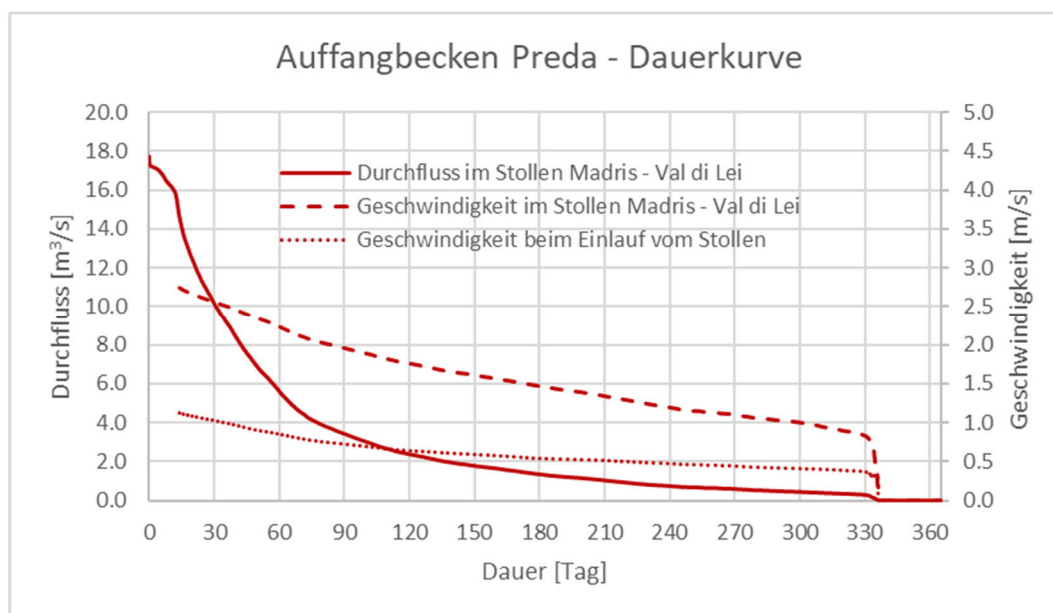


Abbildung 3-2: Dauerkurven der Durchflüsse und Geschwindigkeiten im Überleitstollen Madris – Val di Lei

Aus den beiden vorangegangenen Abbildungen lassen sich die nachstehenden Folgerungen ziehen und das Verletzungs- oder Todesrisiko grob abschätzen:

- Das Abwanderungshorizont von Bachforellen ist oberflächennah [9][10] und die Wasserentnahme findet fast immer an der Oberfläche statt (Freispiegelabfluss). Es ist daher davon auszugehen, dass Bachforellen in der Nähe der Wasserfassung vorkommen und ein Interesse daran haben könnten, in den Stollen zu gelangen
 - Wahrscheinlichkeit Auffinden Einlauf: ziemlich hoch.
- Mit einer lichten Weite des Einlaufrechens von 300 mm muss davon ausgegangen werden, dass Fische aller Grössen in den Stollen gelangen können.
- Unter Annahme einer Körpergrösse einer Forelle von 10 cm (ungefähre Körperlänge beim Besatz) und einer für das Schwimmen nötigen Mindestwassertiefe von 2,5-mal die Körperhöhe [11], ist eine Durchquerung des Stollens schon ab einem Durchfluss von ca. 50 l/s möglich (Annahme: Normalabfluss, $K = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $b = 2.25 \text{ m}$, $J = 3\text{‰}$).
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Fische im Becken zwischen 10 cm und 30 cm lang sind [12]. Die Dauerschwimmgeschwindigkeit einer Forelle mit Körpergrösse von 10 cm, 20 cm bzw. 30 cm beträgt 0.38 m/s, 0.66 m/s bzw. 0.91 m/s [10]. Die Fliessgeschwindigkeit im Stollen überschreitet alle dieser drei Werten während ca. 330 Tagen pro Jahr mit einer entsprechend möglichen Verdriftung von Fischen in den Stollen.
 - Wahrscheinlichkeit Passage durch Einlaufrechen und Verdriftung in den Stollen: 330/365.
- Beim Auslass vom Überleitstollen Madris – Val di Lei kann konservativ davon ausgegangen, dass ein Verletzungsrisiko (Aufprallen gegen die Talflanken, siehe Abbildung 2-3) ab einem Wasserstand im Stausee Val di Lei tiefer als 1929 m ü.M. besteht. Dieser Wasserstand ist während ca. 10 Tage von den 330 Tagen der Verdriftungsgefahr überschritten.

→ Wahrscheinlichkeit Verletzung/Tod infolge Aufprallen gegen Talflanken: 320/330.

Daraus lässt sich schliessen, dass das Verletzungs- oder Todesrisiko infolge Verdriftung von Fischen in den Stollen und Aufprallen gegen den Talflanken ziemlich hoch ist (ziemlich hoch x 330/365 x 320/330 = ziemlich hoch x 0.88 = ~ziemlich hoch).

3.1.3 Ausgleichsbecken Ferrera

Die Dauerkurve der Wasserstände im Ausgleichsbecken Ferrera ist in Abbildung 3-3 dargestellt. In dieser Abbildung sind auch die Koten des Einlaufs des Druckstollens Wehr – Zentrale Ferrera ersichtlich. Die Dauerkurven der Durchflüsse und der Geschwindigkeiten im Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera sind in Abbildung 3-4 dargestellt. Im Gegensatz zum Preda hängen der Wasserstand im Becken Ferrera und der Durchfluss im Druckstollen nicht zusammen.

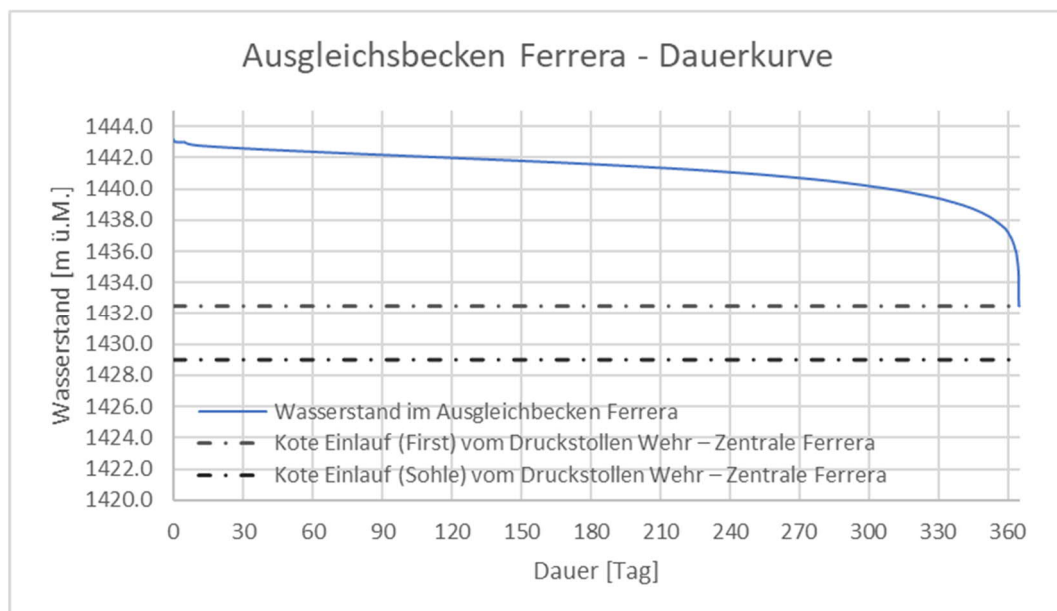


Abbildung 3-3: Dauerkurve der Wasserstände im Ausgleichsbecken Ferrera

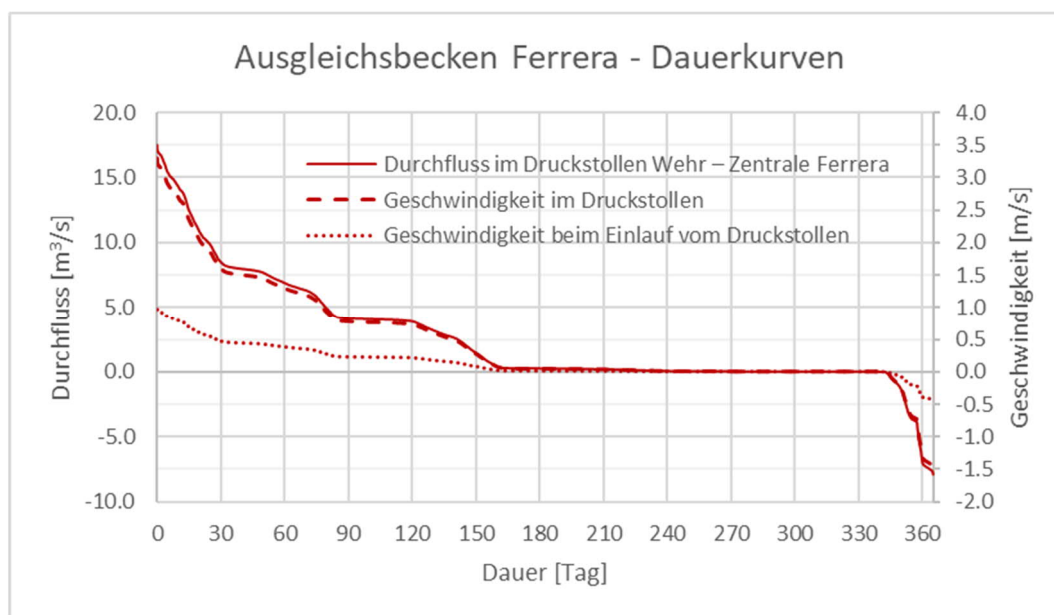


Abbildung 3-4: Dauerkurven der Durchflüsse und Geschwindigkeiten im Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera

Aus den beiden vorangegangenen Abbildungen lassen sich die nachstehenden Folgerungen ziehen und das Verletzungs- oder Todesrisiko grob abschätzen:

- Das Schwimmhorizont von Bachforellen ist oberflächennah [9][10]. Der Einlauf des Stollens (First) liegt während 300 Tagen pro Jahr mindestens 7.5 m tiefer als die Wasseroberfläche und während 360 Tagen pro Jahr mindestens 5.0 m tiefer als die Wasseroberfläche. Es kann daher angenommen werden, dass nur wenige Fische in der Nähe des Einlaufs der Wasserfassung vorkommen.
→ Wahrscheinlichkeit Auffinden Einlauf: gering.
- Mit einer lichten Weite des Einlaufrechens von 30 mm kann davon ausgegangen werden, dass Fische bis zu einer Körpergröße von 30 cm in den Druckstollen gelangen können. Die Dunkelheit kann aber Fische davon abhalten, sich in den Stollen zu wagen.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Fische im Becken zwischen 10 cm und 30 cm lang sind [12]. Die korrespondierende Dauerschwimmgeschwindigkeit einer Forelle [10] und Anzahl von Tagen, während welchen die Fließgeschwindigkeit im Stollen die Dauerschwimmgeschwindigkeit überschreitet, mit einer entsprechend möglichen Verdriftung von Fischen in den Stollen, sind in unterer Tabelle angegeben.

Körpergröße [m]	Dauerschwimmgeschwindigkeit [m/s]	Dauer Verdriftungsgefahr [Tage pro Jahr]
10	0.38	160
20	0.66	135
30	0.91	90

Für die Risikoeinschätzung wird eine Fischkörpergröße von 20 cm angenommen (siehe auch Kapitel 4).

- Wahrscheinlichkeit Passage durch Einlaufrechen und Verdriftung in den Stollen: 135/365.

- Die Wahrscheinlichkeit einer Verletzungs- oder Todesgefahr bei der Turbinenpassage ist sehr gross (Turbinentyp: Francis).
 - Wahrscheinlichkeit Verletzung/Tod infolge Turbinenpassage: hoch.

Daraus lässt sich schliessen, dass das Verletzungs- oder Todesrisiko infolge Verdriftung von Fischen in den Stollen und Turbinenpassage gering ist (gering \times 135/365 \times hoch = gering \times 0.37 \times ~1 = gering). Mit anderen Worten: eine Verdriftung von kleinen Fischen (mit Todesfolge) kann nicht ausgeschlossen werden, aber es sollte sich nur um wenige Fische handeln, da das Schwimmhorizont von Bachforellen oberflächennah ist, und ihre Vorkommen beim Einlauf daher unwahrscheinlich ist.

Es muss angemerkt werden, dass diese Schlussfolgerung auf den Ergebnissen verschiedener wissenschaftlicher Studien [9][10] basiert, welche nicht vollständig auf die vorliegende Situation übertragbar sind, da es hier – im Gegensatz zu den genannten Studien - kein Abstieg-Bypass vorhanden ist. Eine Studie mit einem Sonar-ARIS [13], die beim Kraftwerk Reichenau durchgeführt wurde, tendiert jedoch dazu, diese Hypothese (für grössere Fische) zu bestätigen.

Des Weiteren deutet die Beobachtung von Fischen im Stollen (bei Entleerung des Druckstollens, siehe Kapitel 2.2.2.5), welche für die Passage des Einlaufrechens zu gross sind, darauf hin, dass das Durchschwimmen des Rechens durch junge Fische nicht unbedingt mit Todesfolge verbunden ist und dass sich ein gewisser Fischbestand im Stollen trotz ihres Betriebs durchhält.

Das Verletzungs- oder Todesrisiko infolge Anpressens an den Rechen wurde ebenfalls abgeschätzt. Die Dauerschwimmgeschwindigkeit von Fischen ab 20 cm beträgt 0.66 m/s [10]. Unter der konservativen Annahme, dass Fische schon ab 20 cm Körpergrösse an den Einlaufrechen angepresst werden können, besteht eine Gefahr eines Anpressens an Einlaufrechen für Fische mit 20 cm Körpergrösse nur während 20 Tagen pro Jahr. Da die Wahrscheinlichkeit für das Auffinden des Einlaufs als gering eingeschätzt wurde (siehe oben), wird Verletzungs- oder Todesrisiko infolge Anpressens an den Rechen als (sehr) gering eingestuft (gering \times 20/365).

3.2 Bestätigung des Fischschutzdefizits

3.2.1 Vorgehen und Datenanalyse

Auf der Grundlage der kantonalen Fischereistatistiken [4] wird es im Folgenden versucht, Hinweise auf das Vorkommen einer Verdriftung von Fischen ins Triebwasserweg zu identifizieren, auf Basis der Annahme, dass sie zu einer Verringerung der Fischabundanz im Becken führen wird. Dafür wurden die Daten der Fischereistatistik bei Auffangbecken Preda und Ausgleichsbecken Ferrera (Fangzahlen und CPUE) mit einer Gruppe von vergleichbaren Seen im Kanton Graubünden gegenübergestellt.

Diese Vergleichsgruppe umfasst Stauseen und Bergseen mit vergleichbaren Charakteristiken (Höhe [m ü.M.], Fläche [ha], Dammhöhe [m]), deren Hauptzufluss fischgängig ist (Abschätzung gemäss Luftbildern, Grösse des direkten Einzugsgebiets und Gefälle der ersten Kilometer des Hauptzuflusses ab dem Stauwurzel). Die betrachteten Seen sind in der nächsten Tabelle 3-1 aufgeführt.

Tabelle 3-1: Gruppe von vergleichbaren Seen

FSA-Nr	Name	Höhe [m ü.M.]	Fläche [ha]	EG [km ²]	Dammhöhe [m]	Gefälle Zufluss [-]	Fischschutz rechen	Sanierungsverfügung
A1: 1013	Lag da Breil	1255	6.2	28.1	16	0.075	Stababstand 40 mm	Verringerung lichte Weite auf 20 mm
A3: 1021	Stausee Egschi	1151	5.5	109.0	20	0.019	Stababstand 150 mm	keine Massnahme erforderlich
A1: 1022	Laq da Barcuns	1362	2.6	51.0	20	0.085	Stababstand 30 mm	keine Massnahme erforderlich
A1: 1023	Lag da Runcahez	1277	5.7	55.6	20	0.039	Stababstand 25 mm	keine Massnahme erforderlich
B2: 2016	Auffangb. Preda	1948	4.1	26.1	23	0.015	keiner	Verringerung lichte Weite auf 20 mm
B2: 2020	Ausgleichsb. Ferrera	1443	3.8	220.6	28	0.030	Stababstand 30 mm	Verringerung lichte Weite auf 20 mm
B3: 2025	Stausee Bärenburg	1080	7.7	479.3	30	0.070	Stababstand 40 mm	keine Massnahme erforderlich
B5: 2053	Lai Burvagn	1117	5.0	302.4	12	0.013	Stababstand 35 mm	Verringerung lichte Weite auf 20 mm
C2: 3004	Stausee Isel, Arosa	1606	9.5	52.4	9.1	0.019	Stababstand 11 mm	keine Massnahme erforderlich
C3: 3023	Schlappinsee	1639	1.7	29.8	5.6	0.016	Stababstand 28 mm	Verringerung lichte Weite auf 20 mm
H2: 8014	Molina, Buseno	687	5.7	133.5	38	0.029	NA	keine Massnahme erforderlich
B4: 2030	Lai da Palpuogna	1918	4.9	11.3	Bergsee mit KW	0.100	Stababstand 15 mm	keine Massnahme erforderlich

Die Daten der Fischereistatistik für die Periode 2011–2021 für diese Seen ist im Anhang A ersichtlich.

Die Seen, die jährlich oder häufiger entleert/gespült werden (wie in der Besitzstrategie 2025 für den entsprechenden Fischereibeizirk rapportiert [14]), sind mit Grau markiert. Diese Entleerungen und Spülungen, die zum Teil im Rahmen der Sanierung des Geschiebehaushaltes implementiert wurden, wirken sich manchmal im entscheidenden Mass auf die Fischabundanz aus (u.a. Molina). Diese Seen weisen entsprechend geringe Fangzahlen und CPUE auf und werden für den Vergleich ausgeschlossen.

Bei den restlichen Seen wurden die folgenden Ereignisse identifiziert, welche sich auf Fangzahlen und CPUE von Graphen im Anhang A widerspiegeln:

- Lag da Breil wurde im Jahr 2021 entleert, auf Besitz im See (FSA-1013) wird ab 2017 verzichtet und im Hauptzufluss (FSA-153) wird der Besitz ab 2021 reduziert [14].
- Stausee Bärenburg wurde im Winter 2012-2013 entleert sowie im Sommer 2019 gespült [8], zwischen 2011 und 2021 fand im See (FSA-2025) und im Hauptzufluss (FSA-224) kein Besitz [14].
- Lai Burvagn wird alle 4 bis 5 Jahre gespült [15], der See (FSA-2053) und Hauptzufluss (FSA-270) sind Besitzgewässer [14].
- Stausee Isel wurde im Jahr 2011 und 2021 entleert und ausgebaggert. Durch einen Vordamm wird aber gewährleistet, dass auch nach der Absenkung ein Restsee verbleibt. Der See (FSA-3004) und Hauptzufluss (FSA-311) sind Besitzgewässer [14]. Ein Fischsterben in der Plessur bis zum Stausee Isel fand Anfang 2012 aufgrund Überlaufens des Klärbeckens der ARA Arosa statt [5].
- Schlappinsee wird unregelmässig entleert und ausgebaggert. Der See (FSA-3023) und Hauptzufluss (FSA-346) sind Besitzgewässer [14].

- Lai da Palpuogna ist ein Bergsee, welcher zur Wasserkraftnutzung leicht erhöht wurde (KW Preda). Der See (FSA-2030) und Hauptzufluss (FSA-241) sind keine Besatzgewässer [14].

In Abbildung 3-5 und Abbildung 3-6 werden CPUE von diesen restlichen Seen sowie die Fangzahlen pro Seefläche (Anzahl/ha) für die Periode 2011–2021 dargestellt.

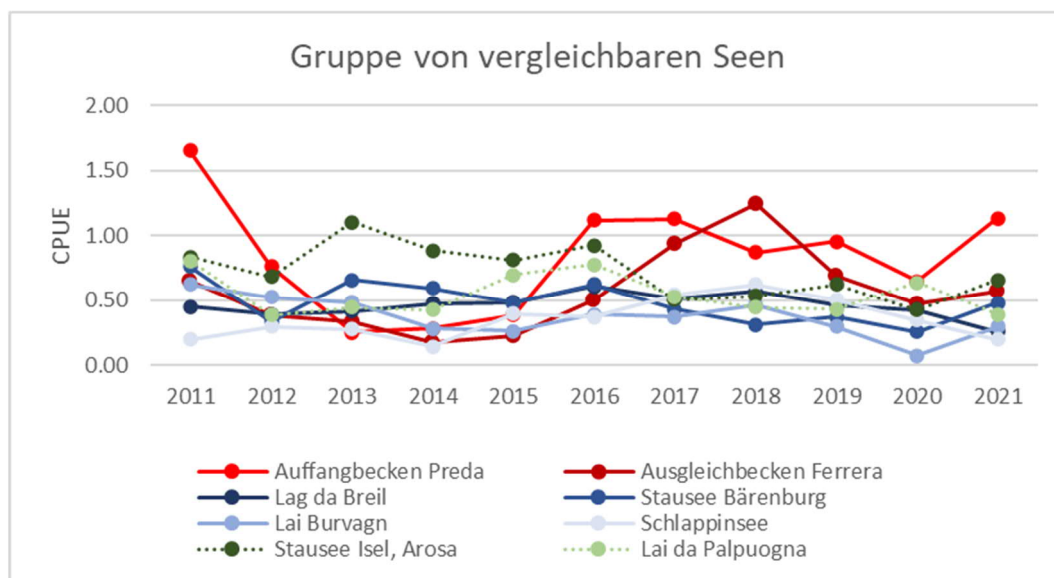


Abbildung 3-5: CPUE von vergleichbaren Seen für die Periode 2011–2021 (Quelle Daten: AJF Kanton GR)

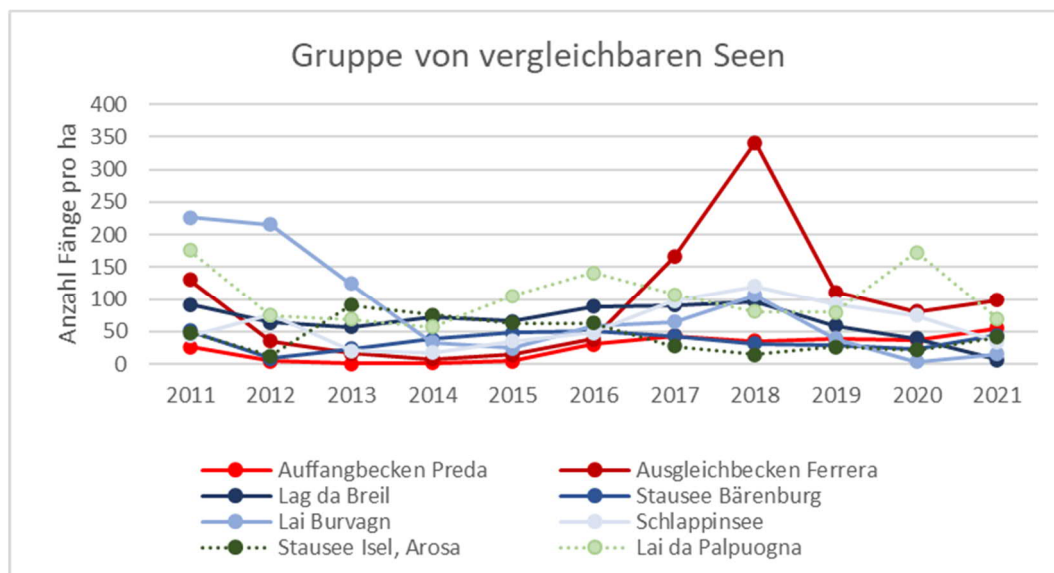


Abbildung 3-6: Fangzahlen dividiert pro Seefläche (Anzahl/ha) von vergleichbaren Seen für die Periode 2011–2021 (Quelle Daten: AJF Kanton GR)

3.2.2 Diskussion der Datenanalyse

Auffangbecken Preda

Im Auffangbecken Preda ist der CPUE ab 2016 etwas höher als in den anderen Seen, u.a. dank der Spezialbesatz von 2013 (siehe Kapitel 2.1.3). Die Fangzahlen pro Seefläche sind aber tiefer als in den anderen Seen. Grund dafür könnten die Folgenden sein:

- Der Anzahl von Fischgängen ist gegenüber den anderen Seen tief. Die isolierte Lage des Sees kann hier eine Rolle spielen.
- Die effektive Seefläche verringert sich im Winter von ~4.1 ha auf ~2.5 ha (Wasserstand nicht reguliert, siehe Kapitel 2.1.2.1). Die Fangzahlen pro Seefläche sind aber unter Annahme einer Seefläche von 4.1 ha berechnet.
- Der See ist mit einer Höhe von 1945 m ü.M. im Berggebiet und er wird im Frühling gemäss Betreiber von Lawinen getroffen. Ein Einfluss dieser harten Bedingungen auf dem Fischbestand ist möglich.
- Präsenz von einzelnen grossen Prädatoren (z.B. Seeseibling und Namaycush), die die restliche Fischpopulation unter Druck setzen könnten.
- Eine Verdriftung in Überleitstollen Madris – Valle di Lei kann letztlich nicht ausgeschlossen werden.

Auffangbecken Ferrera

Die Fangzahlen pro Seefläche und CPUE im Ausgleichsbecken Ferrera steigen ab 2017 von eher tiefen Werten, die wahrscheinlich auf die Entleerung von 2012-2013 zurückzuführen sind (siehe Kapitel 2.2.3), stark an. Diese beiden Werte sind ab 2017 eher hoch im Vergleich zu den anderen Seen der Vergleichsgruppe.

Der Anstieg dieser beiden Werte ist möglicherweise auf die Erhöhung der Besatzmenge von 2015 im Averser Rhein zurückzuführen (siehe Kapitel 2.2.3). Es ist jedoch zu beachten, dass kein Besatz direkt im Becken vorgenommen wird, und dass die Besatzmenge im Averser Rhein im Vergleich zu den anderen Seen und Gewässern moderat ist (insbesondere gegenüber dem Stausee Isel, wo jährlich mehrere tausende Fische eingesetzt werden). Ab 2019 sind diese beiden Werte etwas zurückgegangen, was auf die Spülung von Sommer 2019 und/oder auf die Reduktion der Besatzmenge ab 2016 im Averser Rhein zurückzuführen sein könnte.

Abgesehen von den Auswirkungen der Entleerung/Spülungen scheint sich der Fischabundanz im Becken Ferrera also im Vergleich zu den anderen Seen bei mässiger Besatzmenge auf einem recht hohen Niveau zu halten.

Ein detaillierter Vergleich mit dem Stausee Isel und dem Lai da Palpugna ist besonders interessant (siehe Tabelle 3-2), da in beiden Seen Wasserfassungen betrieben werden, die mit Feinrechen ausgerüstet sind (Ausbauwassermenge: 3 m³/s, Stababstand: 11 mm resp. 0.9 m³/s und 15 mm) und wo eine Verdriftung von Sommerlinge ins Triebwasserweg ausgeschlossen werden kann. Diese beiden Seen sind auch nur geringfügig (Isel) oder gar nicht (Palpugna) von Entleerung und Spülung betroffen.

Tabelle 3-2: Detaillierter Vergleich – Durchschnittliche Werte der Fischereistatistik

FSA-Nr	Name	Zeitreihe [Jahr]	Ereignis pro Seefläche [Anzahl/(ha·J)]	Fang pro Seefläche [Anzahl/(ha·J)]	Besatzmenge im See [Anzahl/J]	Besatzmenge im Haupt-zufluss [Anzahl/J]
B2: 2016	Auffangb. Preda	2016-2021*	42	40	0	800
B2: 2020	Ausgleichsb. Ferrera	2016-2021*	173	140	0	840
C2: 3004	Stausee Isel, Arosa	2011-2021	57	44	5000	650
B4: 2030	Lai da Palpuogna	2011-2021	187	103	0	0

*Reduzierte Zeitreihe, um die Auswirkungen der langdauernden Entleerung im Winter 2012-2013 auszuschliessen

Gegenüber dem Ausgleichsbecken Ferrera weisen diese beiden Seen eine etwas tiefere Fischabundanz auf. Dafür kann es verschiedene Gründe geben (z.B. Prädation, Mortalität infolge Wassertemperatur, Verfügbarkeit Fischhabitat im See etc.). Es kann aber geschlussfolgert werden, dass, auch wenn eine Verdriftung der Fische in den Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera vorkommt, gibt es auf der Grundlage der Fischereistatistik keinen Hinweis darauf.

3.3 Koordinationsbedarf Sanierung Geschiebehaushalt

In der strategischen Planung zur Sanierung des Geschiebehaushalts wurden der Madrischer Rhein und der Averser Rhein als Zielgewässer festgelegt [15]. Der Geschiebehaushalt in den Gewässerabschnitten unterhalb von dem Auffangbecken Preda und dem Ausgleichsbecken Ferrera wurde als wesentlich beeinträchtigt beurteilt. Als mögliche Sanierungsmassnahme ist eine Anpassung der Spülregime von beiden Becken vorgeschlagen, was sich derzeit in der Versuchsphase befindet (siehe Kapitel 2.1.2.2 und 2.2.2.2).

Gemäss der Bewilligung zur Verlängerung des provisorischen Spülregimes des Auffangbeckens Preda und des Ausgleichsbeckens Ferrera [8] soll eine Studie zu Art und Umfang von Massnahmen zur Geschiebesanierung am Hinterrhein im Jahr 2023 vorliegen. Anhand der Ergebnisse dieser Studie wird entweder eine Sanierungspflicht definiert oder die Anlagen der KHR aus der Sanierungspflicht entlassen. Allfällige Koordinationsbedarf mit Sanierungsmassnahmen betreffend Fischschutz ist auszuweisen.

Wie im vorherigen Kapitel erläutert, sind die Auswirkungen einer Spülung/Entleerung auf der Fischabundanz in manchen Fällen alles andere als vernachlässigbar. Gemäss kantonalen Besatzstrategie [14] wird es in Becken mit jährlichen Spülungen (Egschi, Barcuns, Runcahez und Molina) auf Fischbesatz verzichtet.

Die effektiven Auswirkungen dieser Spülungen in den Becken Preda und Ferrera auf deren Fischbestand sollten daher auch soweit möglich in den Versuchsphase des Spülregimes evaluiert werden, z.B. anhand der Beobachtungen bei der nächsten Spülung und der Daten der Fischereistatistik vor und nach der Spülung. Wenn diese Spülungen wesentliche Auswirkungen auf den Fischbestand in den Becken verursachen, könnte es auf einer Fischschutzsanierung der Wasserfassungen verzichtet werden.

3.4 Zusammenfassung

Basierend auf den hydrologischen Daten vom Auffangbecken Preda scheint das Verletzungs- und Todesrisiko infolge Verdriftung von Fischen in den Überleitstollen Madris – Val di Lei und Aufprallen gegen den Talflanken beim Auslass des Stollens ziemlich hoch zu sein. Die Daten der Fischereistatistik deuten auf tiefere Fischfänge im Auffangbecken Preda gegenüber anderen vergleichbareren Seen des Kantons hin. Eine Verdriftung in den Überleitstollen ist eine mögliche Ursache dieser tieferen Zahlen.

Im Ausgleichsbecken Ferrera deuten die hydrologischen Daten darauf hin, dass eine Verdriftung von Fischen in den Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera wenig wahrscheinlich ist. Diese Einschätzung wird durch die Beobachtungen des Betreibers bestätigt. Die Daten der Fischereistatistik lassen darauf schliessen, dass die Fischabundanz im Becken im Vergleich mit anderen vergleichbareren Seen des Kantons eher gut ist. Eine allfällige Verdriftung von Fischen in den Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera führen vermutlich zu keinen identifizierbaren Auswirkungen auf den Fischbestand.

Generell zeigen Seen, die häufig gespült werden, eine geringe Fischabundanz auf. Spülungen können eine viel grössere (negative) Auswirkung auf dem Fischbestand als die (positive) Auswirkung der Verringerung der lichte Weite vom Einlaufrechen haben. Bevor, dass die Wasserfassungen von Becken Preda und Ferrera hinsichtlich Fischschutz saniert werden, sollte es geprüft werden, ob das geplanten Spülregime im Rahmen der Sanierung des Geschiebehaushalts Auswirkungen auf dem Fischbestand in den Becken hat. Je nach Ausmass der Auswirkungen sollte beurteilt werden, ob eine Sanierung hinsichtlich Fischschutz noch verhältnismässig ist.

4 Generelle Aspekte zum Fischschutz

4.1 Auslegung der Sanierungsmassnahmen

Die hydraulische Vordimensionierung der Sanierungsmassnahmen zum Fischschutz orientiert sich an den folgenden Publikationen:

- Fish Protection Technologies and Fish Ways for Downstream Migration, 2020 [9]
- Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, 2013 [10]
- Wiederherstellung der Fischwanderung, Gute Praxisbeispiele für Wasserkraftanlagen in der Schweiz, 2022 [11]

Die Körpergrösse, für welche das Verdriftungsrisiko eingeschätzt wird und auf welche die Sanierungsmassnahmen hinsichtlich Fischschutz ausgelegt wird, wird auf 20 cm festgelegt. Die korrespondierende lichte Stabweite von Fischschutzrechen beträgt 20 mm. Die Betrachtung dieser einheitlichen Grösse (und Stabweite) vereinfacht den Vergleich der Varianten untereinander. Weiterhin kann der Einbau eines Rechens mit lichten Stabweite von 20 mm für alle Varianten vorgesehen werden.

Ein grosser Teil des Fischbestands weist in beiden Becken jedoch eine kleinere Grösse auf. Der übliche Grössenbereich variiert zwischen 10 und 30 cm [12]. Die Varianten, bei denen ein feinerer Rechen (z.B. 15 mm oder 10 mm) möglich ist und somit ein höherer Schutzgrad erreicht werden kann, werden in den folgenden Kapiteln gekennzeichnet.

4.2 Wirkungskontrolle

Bei Sanierungsmassnahmen, welche rein aus einer mechanischen Fischschutzmassnahme bestehen, kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden [18].

5 Sanierung Preda

Im vorliegenden Kapitel wird die technische und fischökologische Machbarkeit von Varianten zur Sanierung des Fischschutzes bei der Wasserfassung Preda für den Leitfischart Bachforelle untersucht, Grobkosten und Nutzen dieser Varianten geschätzt bzw. evaluiert und einen Variantenvergleich erarbeitet.

5.1 Randbedingung

Die folgenden Randbedingungen wurden identifiziert:

- Die Kapazität vom Überleitstollen Madris – Val di Lei muss erhalten werden.
- Die gewählte Lösung muss betriebsfreundlich sein, insbesondere im Hinblick auf die schlechte Zugänglichkeit der Auffangbecken. Wenn eine Rechenreinigungsmaschine (RRM) installiert wird, sollte u.a. das Geschwemmsel wieder in den Bach gegeben werden.
- Die Konzepte, Bauabläufe und baulichen Lösungen sollen ansonsten so gewählt werden, dass die Baukosten (und Kosten für Produktionsausfall) möglichst tief gehalten werden.

5.2 Sanierungsvarianten Fischschutz

5.2.1 Variantenübersicht

In der nachfolgenden Tabelle 5-1 sind die Varianten für den Fischschutz aufgelistet, die weiter unten genauer erläutert werden.

Tabelle 5-1: Variantenübersicht – Auffangbecken Preda

Varianten	Kurzbeschreibung
V0	Ist Zustand
V1	Nachrüstung Rollschütz
V2a	Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf
V2b	Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf und Massnahmen beim Auslass
V3	Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf
V4	Anpassung des Einlaufbauwerks, neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) und RRM
V5	Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 300 mm) beim Einlauf

Sensorische Verhaltensbarrieren als alleinige Fischschutz sind als zu wenig effektiv betrachtet [11] und wurden bei der Variantendefinition nicht berücksichtigt. Die Installation eines Feinrechens im Stollen kann auch wegen der zu hohen Fliessgeschwindigkeiten im Stollen ausgeschlossen werden.

5.2.2 V0 – Ist-Zustand

Diese Variante entspricht den Ist-Zustand, zum Vergleich mit den Sanierungsvarianten.

5.2.3 V1 - Nachrüstung Rollschütz

Der Wasserstand im Auffangbecken wird neu mit dem bestehenden Rollschütz auf 1947.2 m ü.M. gehalten (1.0 m tiefer als der freie Überfall der Bogenmauer, dadurch ist der Einlauf immer unter Wasser), um die Fließgeschwindigkeiten beim Einlauf möglichst tief zu halten. Das Rollschütz muss dafür mit Zylinder, Hydraulikaggregat und Steuerung nachgerüstet werden. Eine Betriebskammer mit einer Drucktüre wird auf dem Messschacht neu gebaut.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 5-1 präsentiert.

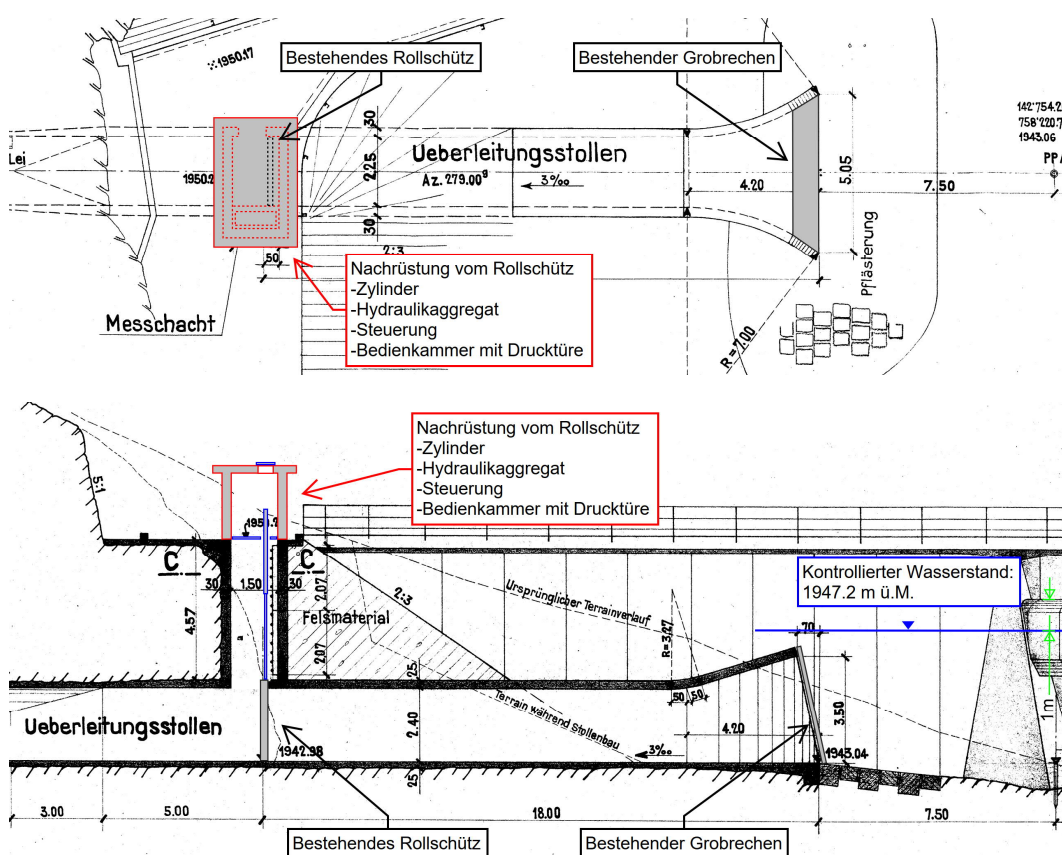


Abbildung 5-1: Variante 1 – Grundriss und Längsschnitt

Bei dieser Variante ist es schwierig, eine Wirkungskontrolle durchzuführen. PIT-tag Antennen könnten zwar unterhalb vom Rollschütz (nach der Wechselsprung) vorgesehen werden, der Einsatz dieser Technologie wäre jedoch schwierig (u.a. wegen der schlechten Zugänglichkeit, der Grösse des Stollenquerschnittes und der Fließgeschwindigkeiten bei grossen Abflüssen im Stollen). Alternativ könnte die Passage des Rollschützes durch Fische mit einem Sonar überwacht werden, wobei jedoch konstruktive Massnahmen zum Schutz des Sonars vorzusehen wäre (u.a. wegen Fließgeschwindigkeit bei grossen Abflüssen im Stollen und Geschwemmsel).

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Die Wahrscheinlichkeit des Auffindens vom Einlauf durch Fische ist reduziert (Einlauf tiefer im Wasser positioniert).
- + Die Wahrscheinlichkeit der Passage des Einlaufrechens durch Fische ist etwas reduziert (dunklere Lichtbedingungen beim Einlauf).
- + kein Einfluss auf die Kapazität des Überleitstollens Madris – Val di Lei.
- + Der bestehende Grobrechen ist dank kontrolliertem Wasserstand im Becken weniger anfällig auf Verklausung. Reinigungsarbeit (von Hand) ist gegenüber heute tendenziell reduziert.
- + Grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)

Nachteile:

- Zusätzliches Verletzungs- oder Todesrisiko bei der Passage des Rollschützes
- Monitoring schwierig

5.2.4 V2a - Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf

Diese Variante nutzt aus, dass die Wassertiefe vor dem Einlauf des Überleitstollens nur während ca. 80 Tagen über 1.0 m ist (d.h. über 1944 m ü.M., siehe Abbildung 3-1). Ein Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm, eine kleinere Rechenstababstand ist aber auch möglich.) mit 1.0 m Höhe im Einlaufbereich kann daher verhindern, dass Fische über einen Grossteil des Jahres (ca. 285 Tage) im Stollen gelangen. Bei grösseren Abflüssen und Wasserständen fliesst das Wasser über den Rechen und auch Fische können über den Rechen in den Stollen gelangen.

Weiterhin liegt innerhalb dieser 80 Tagen der Wasserstand im Stausee Valle di Lei während ca. 4 Tage über der Kote des Stollenauslass (1929 m ü.M.), wie in Abbildung 5-2 ersichtlich. In diesen 4 Tagen besteht daher keine Verletzungsgefahr für Fische.

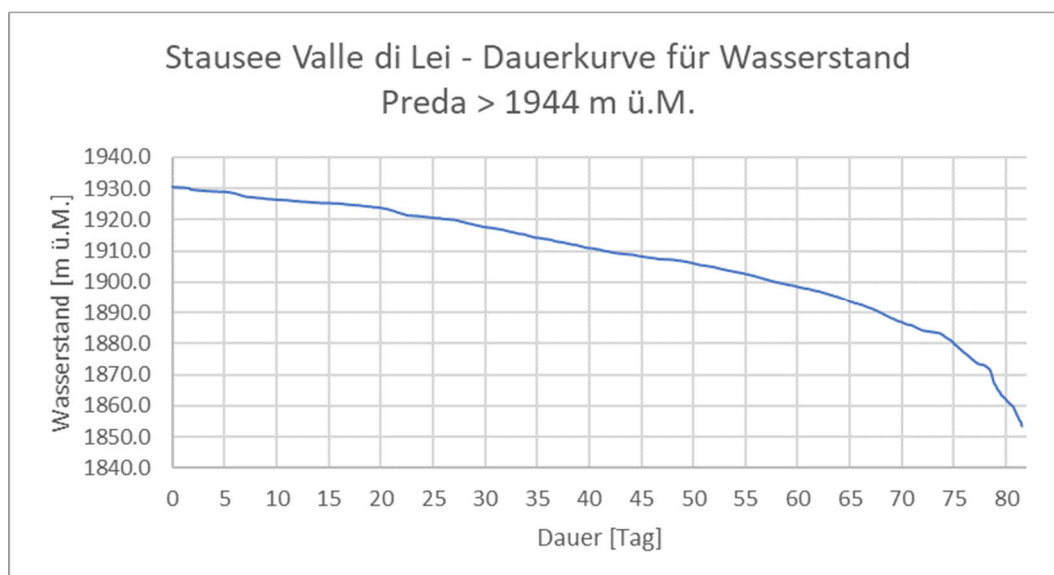


Abbildung 5-2: Dauerkurve der Wasserstände im Stausee Valle di Lei für Wasserstände im Auffangbecken Preda > 1944 m ü.M.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 5-3 präsentiert. Die U-förmige Geometrie des Rechens soll gewährleisten, dass die Fließgeschwindigkeiten durch den Rechen den Grenzwert von 0.5 m/s nicht überschreiten [11], solange der Rechen nicht überströmt wird, um ein Anpressen von Fischen an das Rechen zu verhindern.

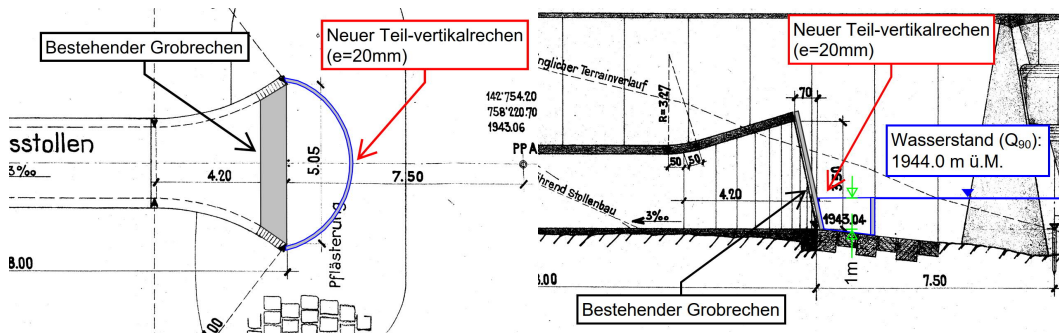


Abbildung 5-3: Variante 2a – Längsschnitt

Für die Wirkungskontrolle könnten PIT-tag Antennen im Stollen vorgesehen werden, obwohl der Einsatz dieser Technologie schwierig wäre (u.a. wegen der schlechten Zugänglichkeit, der Grösse des Stollenquerschnittes und der Fließgeschwindigkeiten bei grossen Abflüssen im Stollen).

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse grösser als 20 cm wird während ~285 Tagen pro Jahr verhindert. In den verbleibenden 80 Tagen besteht an 76 Tagen eine Verletzungsgefahr.
- + Der Einfluss auf die Kapazität des Überleitstollens Madris – Val di Lei ist gering (vernachlässigbar).
- + Der neue Teil-Vertikalrechen ist zum Teil selbstreinigend bei erhöhtem Wasserstand im Auffangbecken (WSp > 1944.0 m ü.M.). Bei den Ereignissen mit viel Geschwemmseln (Hochwasser) ist der Vertikalrechen unter dem Wasserspiegel und ist somit wenig anfällig auf Verkläuerung.

Nachteile:

- Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse kleiner als 20 cm kann immer noch vorkommen.
- Bei einer Verkläuerung des Vertikalrechens wird das Wasser über den Rechen überlaufen und Fische könnten entsprechend über den Rechen abschwimmen. Fische könnten weiterhin über den Rechen springen.
- Der neue Vertikalrechen wird von Hand gereinigt und die Reinigungsarbeit ist gegenüber heute tendenziell erhöht.
- Monitoring schwierig

5.2.5 V2b - Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf und Massnahmen beim Auslass

Diese Variante übernimmt die Elemente von Variante 2a und zusätzlich wird der Auslass des Stollens angepasst, um das Aufprallrisiko auf der Talseite zu reduzieren. Dazu wird das Felsmassiv direkt unterhalb des Auslasses umgestaltet (oder der Ablauf des Sollens

verlängert), um einen möglichst senkrechten Absturz zu bilden. Somit könnte das Verletzungsrisiko bis zu einem Wasserstand im Stausee Val di Lei von ca. 1920 m ü.M. ausgeschlossen werden (siehe Abbildung 5-2), was ca. 27 Tage von den ca. 80 Tagen mit Verdriftungsgefahr entspricht.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 5-4 präsentiert.

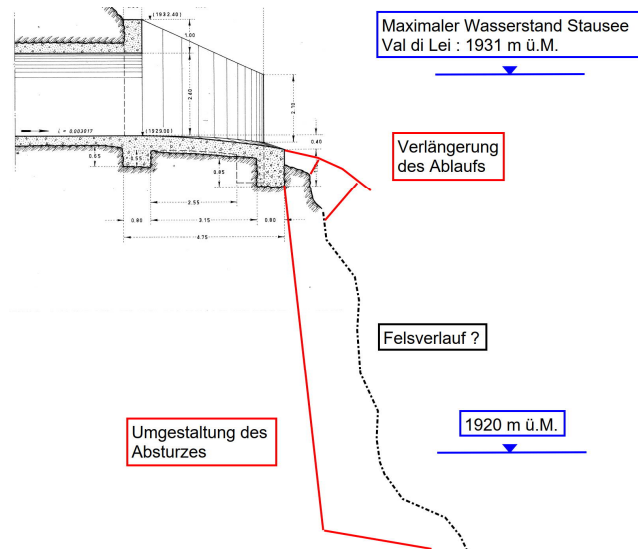


Abbildung 5-4: Variante 2b – Längsschnitt beim Auslass des Überleitstollens

5.2.6 V3 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf

Der heutige Grobrechen wird durch einen Vertikalrechen mit 20 mm lichte Weite ersetzt. Der Wasserstand im Auffangbecken wird dazu neu mit dem bestehenden Rollschütz auf 1947.2 m ü.M. gehalten (1.0 m tiefer als der freie Überfall der Bogenmauer, dadurch ist der Einlauf immer unter Wasser), um die Fließgeschwindigkeiten beim Einlauf möglichst tief zu halten. Das Rollschütz muss dafür mit Zylinder, Hydraulikaggregat und Steuerung nachgerüstet werden. Eine Betriebskammer mit einer Drucktüre wird auf dem Messschacht neu gebaut.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 5-5 präsentiert.

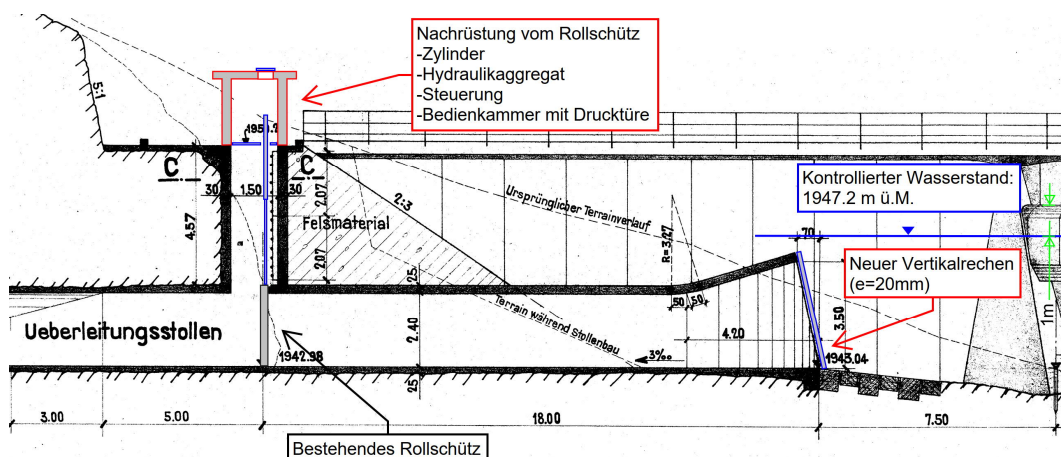


Abbildung 5-5: Variante 3 – Längsschnitt

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse grösser als 20 cm wird ganzjährig verhindert.
- + Grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)
- + Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden.

Nachteile:

- Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse kleiner als 20 cm kann immer noch vorkommen. Die Wahrscheinlichkeit der Passage des Einlaufrechens durch Fische ist aber etwas reduziert (dunklere Lichtbedingungen beim Einlauf).
- Die Fliessgeschwindigkeit durch den Rechen ist während ~40 Tagen pro Jahr über 0.5 m/s (mit entsprechendem Anpressrisiko an Rechen).
- Die Kapazität des Überleitstollens Madris – Val di Lei ist wegen der Rechenverluste leicht reduziert ($h_f = \sim 0.2$ m bei $Q = 17.5$ m³/s). Entsprechende Wasserverluste sind aber begrenzt.
- Die Kapazität vom Überleitstollen Madris – Val di Lei kann infolge einer Verklausung des Vertikalrechens beim Hochwasser stark reduziert werden. Entsprechende Wasserverluste könnten erheblich werden.
- Der neue Vertikalrechen ist dank kontrolliertem Wasserstand im Becken weniger anfällig auf Verklausung. Reinigungsarbeit ist jedoch wegen reduzierten lichte Weite von Rechenstäbe gegenüber heute tendenziell erhöht und erfolgt von Hand.

5.2.7 V4 - Anpassung des Einlaufbauwerks, neue Vertikalrechen (e = 20 mm) und RRM

Der heutige Grobrechen wird durch einen Vertikalrechen mit 20 mm lichte Weite ersetzt (NB eine kleinere Rechenstababstand ist auch möglich). Der Einlaufbauwerk wird neu gebaut, um die Rechenfläche zu vergrössern sowie um die Fassung mit einer RRM ausrüsten zu können.

Der Wasserstand im Auffangbecken wird dazu neu mit dem bestehenden Rollschütz auf 1947.2 m ü.M. gehalten (1.0 m tiefer als der freie Überfall der Bogenmauer, dadurch ist der Einlauf immer unter Wasser), um die Fliessgeschwindigkeiten beim Einlauf möglichst tief zu halten. Das Rollschütz muss dafür mit Zylinder, Hydraulikaggregat und Steuerung nachgerüstet werden. Eine Betriebskammer mit einer Drucktüre wird auf dem Messschacht neu gebaut.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 5-6 präsentiert.

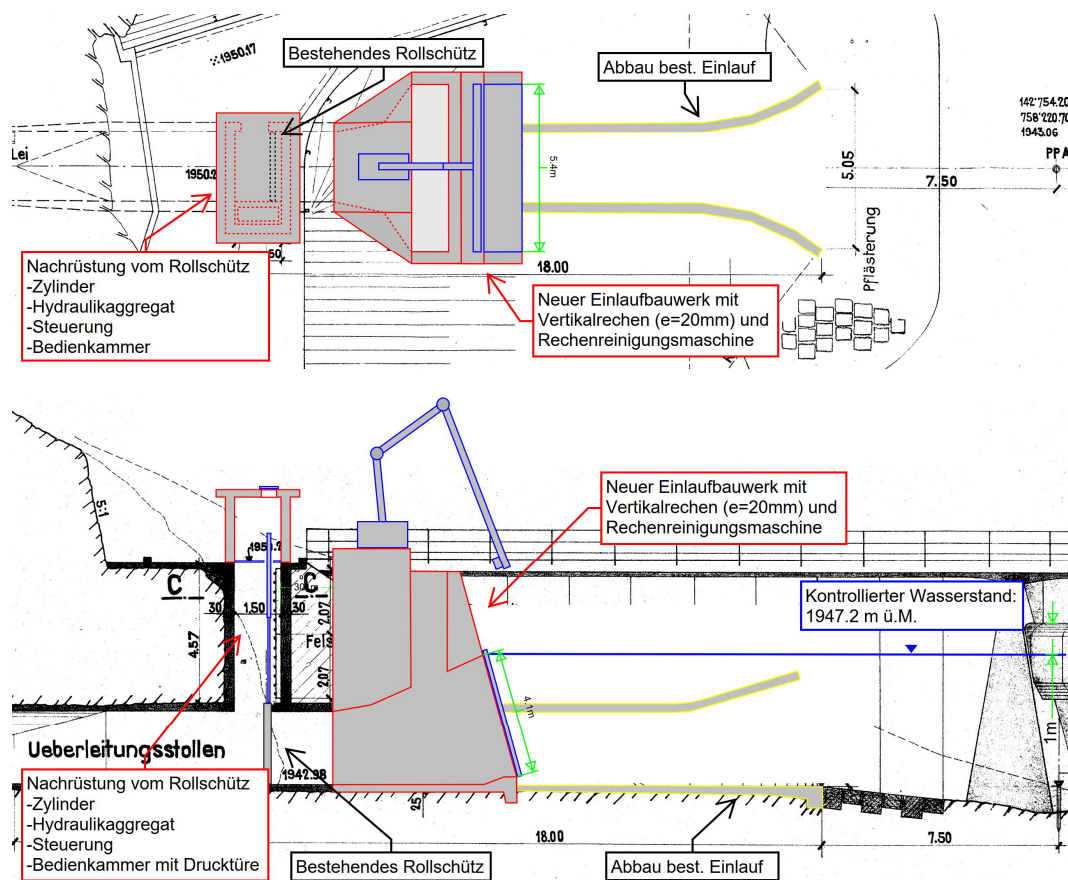


Abbildung 5-6: Variante 4 – Grundriss und Längsschnitt

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse grösser als 20 cm wird ganzjährig verhindert.
- + Der neue Vertikalrechen ist dank kontrolliertem Wasserstand im Becken weniger anfällig auf Verklausung. Reinigungsarbeit ist wegen reduzierten lichte Weite von Rechenstäbe gegenüber heute tendenziell erhöht, die Reinigung ist aber automatisiert. Die Rechengute werden in den Stollen zurückgegeben.
- + Grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)
- + Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden.

Nachteile:

- Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse kleiner als 20 cm kann immer noch vorkommen. Die Wahrscheinlichkeit der Passage des Einlaufrechens durch Fische ist aber etwas reduziert (dunklere Lichtbedingungen beim Einlauf).
- Die Fließgeschwindigkeit durch den Rechen ist während ~20 Tagen pro Jahr über 0.5 m/s (mit entsprechendem Anpressrisiko an Rechen).

- Die Kapazität vom Überleitstollen Madris – Val di Lei wird wegen Rechenverluste leicht reduziert ($h_f = \sim 0.2 \text{ m}$ bei $Q = 17.5 \text{ m}^3/\text{s}$). Wasserverluste sind aber begrenzt.
- Bei einem Ausfall der RRM während der Schneeschmelze ist die Wasserfassung nur mit Hubschrauber erreichbar.
- Produktionsausfall während des Baues

5.2.8 V5 - Neuer elektrifizierter Vertikalrechen ($e = 300 \text{ mm}$) beim Einlauf
 Der heutige Grobrechen wird durch einen elektrifizierten Vertikalrechen mit 300 mm lichte Weite ersetzt. Der Wasserstand im Auffangbecken wird dazu neu mit dem bestehenden Rollschütz auf 1947.2 m ü.M. gehalten (1.0 m tiefer als der freie Überfall der Bogenmauer, dadurch ist der Einlauf immer unter Wasser), um die Fliessgeschwindigkeiten beim Einlauf möglichst tief zu halten. Das Rollschütz muss dafür mit Zylinder, Hydraulikaggregat und Steuerung nachgerüstet werden. Eine Betriebskammer mit einer Drucktüre wird auf dem Messschacht neu gebaut.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 5-7 präsentiert.

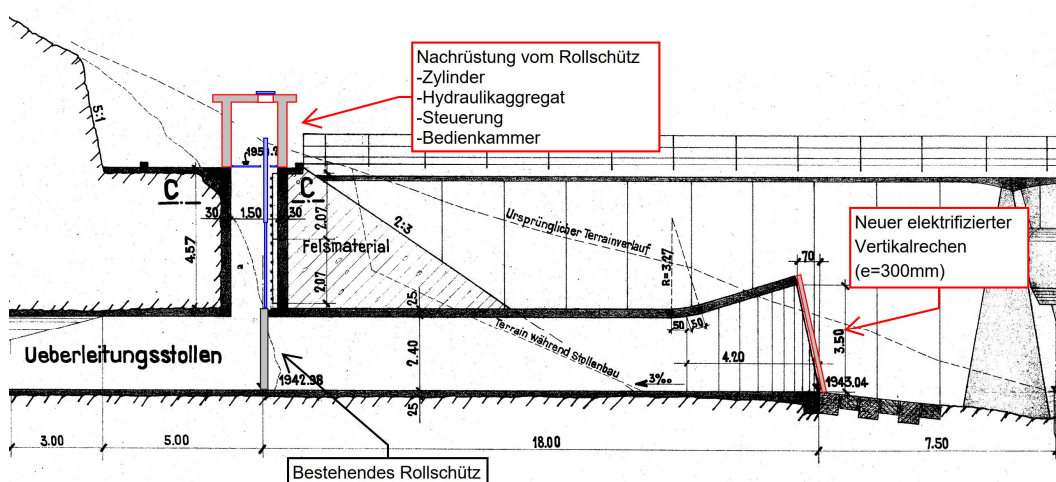


Abbildung 5-7: Skizze von Variante 5

Zur Wirkungskontrolle können z.B. PIT-tag Antennen im Stollen vorgesehen werden, obwohl der Einsatz dieser Technologie schwierig wäre (u.a. wegen der schlechten Zugänglichkeit und der Grösse des Stollenquerschnittes). Alternativ wäre eine Wirkungskontrolle mit Video oder Sonar nach dem Rechen auch möglich.

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Fischschutzdefizit reduziert (elektrifizierter Rechen, Einlauf tiefer im Wasser positioniert, dunklere Lichtbedingungen beim Einlauf)
- + Es gibt keinen Einfluss auf die Kapazität des Überleitstollens Madris – Val di Lei.
- + Der neue Rechen ist dank kontrolliertem Wasserstand im Becken weniger anfällig auf Verklausung. Reinigungsarbeit (von Hand) ist gegenüber heute tendenziell reduziert.
- + Grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)

Nachteile:

- Effizienz vom Rechen unbekannt
- Pilotobjekt in einem Gebiet, das wenig zugänglich ist (Wirkungskontrolle, Ausfall)

Bemerkung: Aufgrund eines tödlichen Personenunfalls bei einem Pilotprojekt im Kanton Genf Ende 2022 sind Projekte mit elektrifiziertem Rechen vorerst ausgesetzt.

5.3 Bewertung und Evaluation Bestvariante

Die angewendeten Kriterien zu Variantenbewertung, deren Kurzbeschreibung und Gewichtung sind im Anhang B detailliert dokumentiert. Die gewichteten Bewertungspunkte von Fischabstiegsvarianten wurden zusammengezählt. 5 Punkte entspricht der höchsten Gesamtnote, während 1 die tiefste Benotung darstellt

Die grobe Kostenschätzungen sind im Anhang C ersichtlich. Der Genauigkeitsbereich von in der aktuellen Planungsphase ermittelten Kosten liegt bei $\pm 25\%$. Kosten für den Produktionsausfall für die Periode Juli bis Oktober sind grob auf 5.5 mio. CHF geschätzt. Für jede Variante werden diese Kosten in Abhängigkeit von der geschätzten Dauer des Ausfalls linear angepasst. Generell sind die Kosten der Varianten stark von Kosten des Produktionsausfalls abhängig.

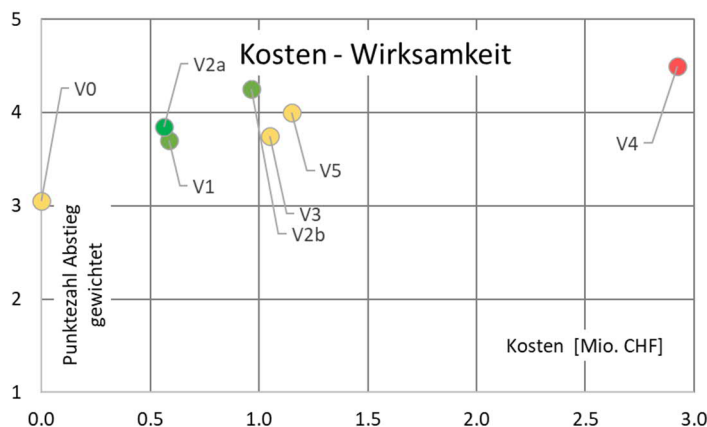


Abbildung 5-8: Kosten-Nutzen Diagramm – Varianten beim Auffangbecken Preda

Aus Kosten-Wirksamkeitsdiagramm (siehe Abbildung 5-8) wird ersichtlich, dass die Variante 2a, die Bestvariante darstellt.

Wird der Sanierungspflicht hinsichtlich Fischschutz im Zusammenhang mit den potenziellen Auswirkungen der Sanierung des Geschiebehaushalts bestätigt (siehe Kapitel 3.3 und 3.4), sollten folgenden Punkten in der nächste Projektphase geklärt werden:

- Überprüfung Reduktion Rechenstababstand
- Optimierung vom Rechenwinkel (Selbstreinigung, wenn der Rechen überströmt wird).
- Eventuell: Klärung von Zusatzkosten für die Variante V2b

6 Sanierung Ferrera

Im vorliegenden Kapitel wird die technische und fischökologische Machbarkeit von Varianten zur Sanierung des Fischschutzes bei der Wasserfassung Ferrera für den Leitfischart Bachforelle untersucht, Grobkosten und Nutzen dieser Varianten geschätzt bzw. evaluiert und einen Variantenvergleich erarbeitet.

6.1 Randbedingung

Die folgenden Randbedingungen wurden identifiziert:

- Die Kapazität vom Druckstollen Wehr – Zentrale Ferrera muss erhalten werden.
- Die gewählte Lösung muss betriebsfreundlich sein. Wenn eine Rechenreinigungsmaschine (RRM) installiert wird, sollte u.a. das Geschwemmsel wieder in den Bach gegeben werden.
- Die Konzepte, Bauabläufe und baulichen Lösungen sollen ansonsten so gewählt werden, dass die Baukosten (und Kosten für Produktionsausfall) möglichst tief gehalten werden.

6.2 Sanierungsvarianten Fischschutz

6.2.1 Variantenübersicht

In der nachfolgenden Tabelle 6-1 sind die Varianten für den Fischschutz aufgelistet, die weiter unten genauer erläutert werden.

Tabelle 6-1: Variantenübersicht – Ausgleichsbecken Ferrera

Varianten	Kurzbeschreibung
V0	ist Zustand
V1	Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf
V2	Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm), Anpassung Einlauf mit Rollschütz und RRM
V3	Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 30 mm) beim Einlauf

Sensorische Verhaltensbarrieren als alleinige Fischschutz sind als zu wenig effektiv betrachtet [11] und wurden bei der Variantendefinition nicht berücksichtigt. Weitere Variante im Stollen wurden aus folgenden Gründen nicht untersucht:

- Triebwasserweg ist immer unter Druckabfluss.
- Überlauf beim Wasserschloss ist nicht zugänglich.

6.2.2 V0 - ist Zustand

Diese Variante entspricht den Ist-Zustand, zum Vergleich mit den Sanierungsvarianten.

6.2.3 V1 - Neuer Vertikalrechen ($e = 20 \text{ mm}$) beim Einlauf

Der heutige Rechen wird durch einen Vertikalrechen mit 20 mm lichte Weite ersetzt.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 6-1 präsentiert.

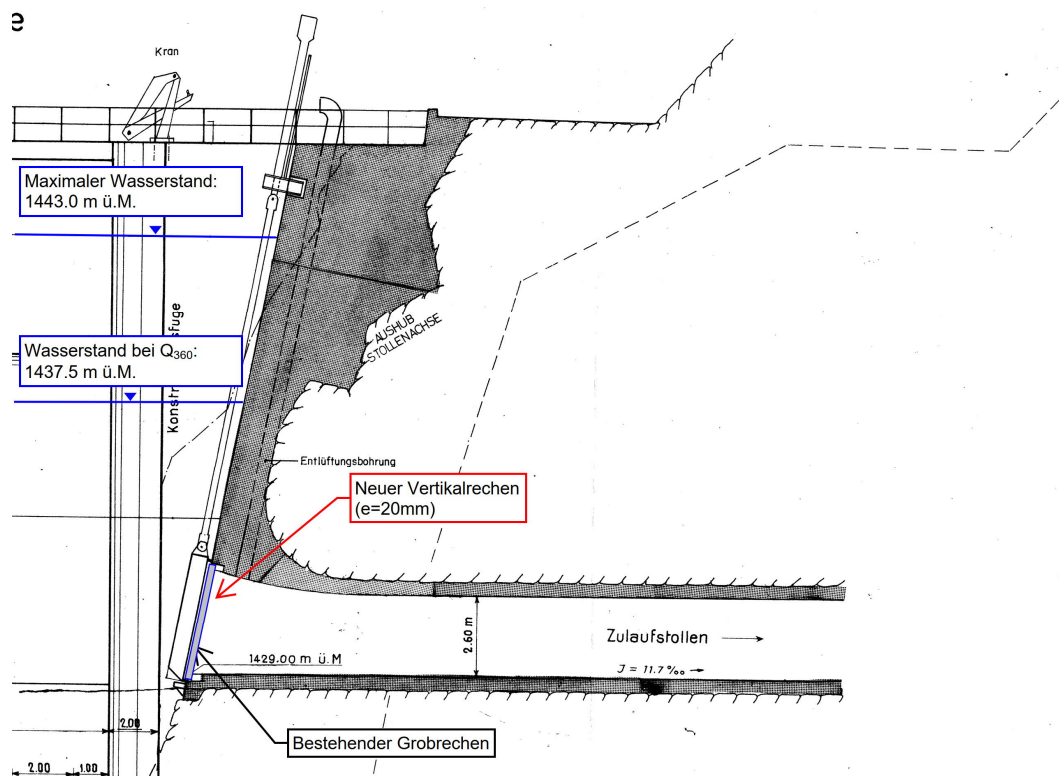


Abbildung 6-1: Variante 1 – Längsschnitt

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse grösser als 20 cm wird ganzjährig verhindert.
- + Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden.

Nachteile:

- Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse kleiner als 20 cm kann immer noch vorkommen.
- Die Fliessgeschwindigkeit durch den Rechen ist während ca. 30 Tagen pro Jahr über 0.5 m/s (mit entsprechendem Anpressrisiko an Rechen).
- Die Energieproduktion ist wegen erhöhten Rechenverlusten leicht reduziert ($\Delta h_f = \text{ca. } 4 \text{ cm}$ bei $Q = 17 \text{ m}^3/\text{s}$).
- Verlegung vom Rechen wegen reduzierter lichter Weite der Rechenstäbe gegenüber heute tendenziell erhöht. Es ist nicht bekannt, ob der Rechen weiterhin dank Pumpenbetrieb sauber gehalten werden kann.

6.2.4 V2 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm), Anpassung Einlauf mit Rollschütz und RRM

Der heutige Rechen wird durch einen Vertikalrechen mit 20 mm lichte Weite ersetzt (NB eine kleinere Rechenstababstand ist auch möglich) und der Einlauf wird mit einer RRM nachgerüstet. Der Einlauf wird zur Nachrüstung eines Rollschützes umgebaut (Rollschütz = Sicherheitsorgan, siehe Kapitel 2.2.1). Dafür müssen eine Aussparung im First vom Druckstollen zur Lagerung der Schützentafel in offener Position sowie eine neue Betriebskammer unter die Strasse eingearbeitet werden. Diese Beiden werden mit einer Kernbohrung für das Hebewerk des Rollschützes verbunden. Eine zweite Kernbohrung ist für die Belüftung erforderlich.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 6-2 präsentiert.

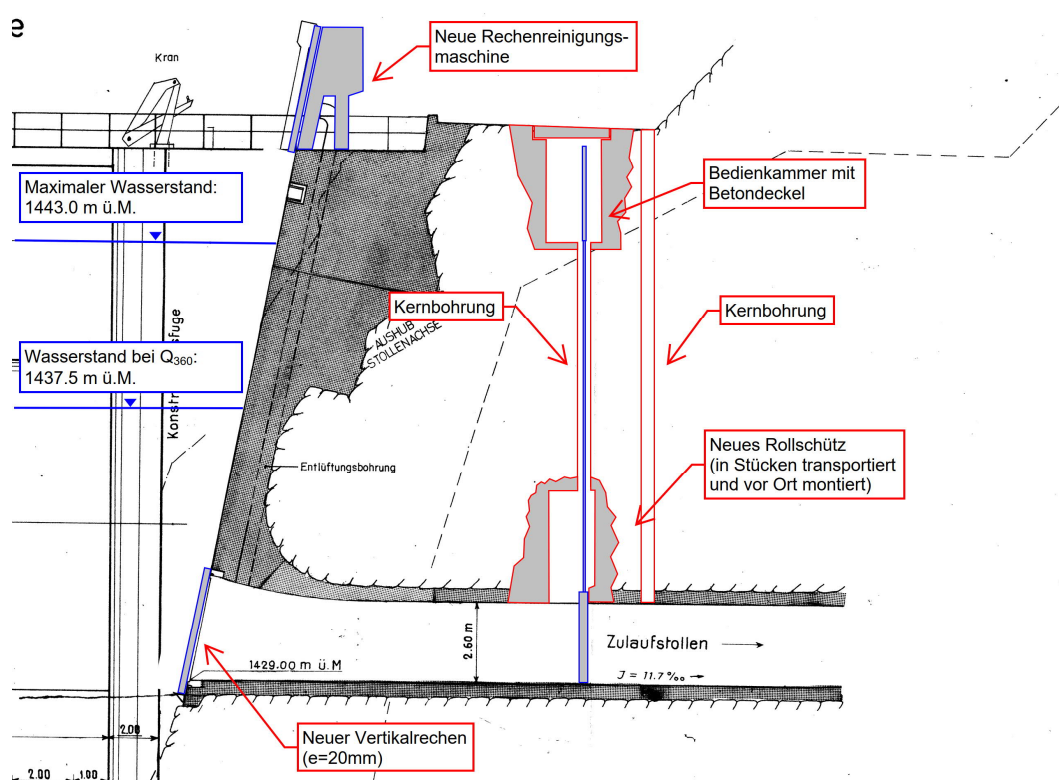


Abbildung 6-2: Variante 2 – Längsschnitt

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse grösser als 20 cm wird ganzjährig verhindert.
- + Die Reinigung ist automatisiert. Das Schwemmgut wird in den Becken beim Wehrüberlauf zurückgegeben.
- + Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden.

Nachteile:

- Eine Verdriftung von Fischen mit Körpergrösse kleiner als 20 cm kann immer noch vorkommen.
- Die Fließgeschwindigkeit durch den Rechen ist während ca. 30 Tagen pro Jahr über 0.5 m/s (mit entsprechendem Anpressrisiko an Rechen).
- Die Energieproduktion ist wegen erhöhten Rechenverlusten leicht reduziert ($\Delta h_f = \text{ca. } 4 \text{ cm}$ bei $Q = 17 \text{ m}^3/\text{s}$).
- Produktionsausfall während des Baues

6.2.5 V3 - Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 30 mm) beim Einlauf
Der heutige Rechen wird durch einen elektrifizierten Vertikalrechen mit 30 mm lichte Weite ersetzt.

Eine Skizze dieser Variante ist in Abbildung 6-3 präsentiert.

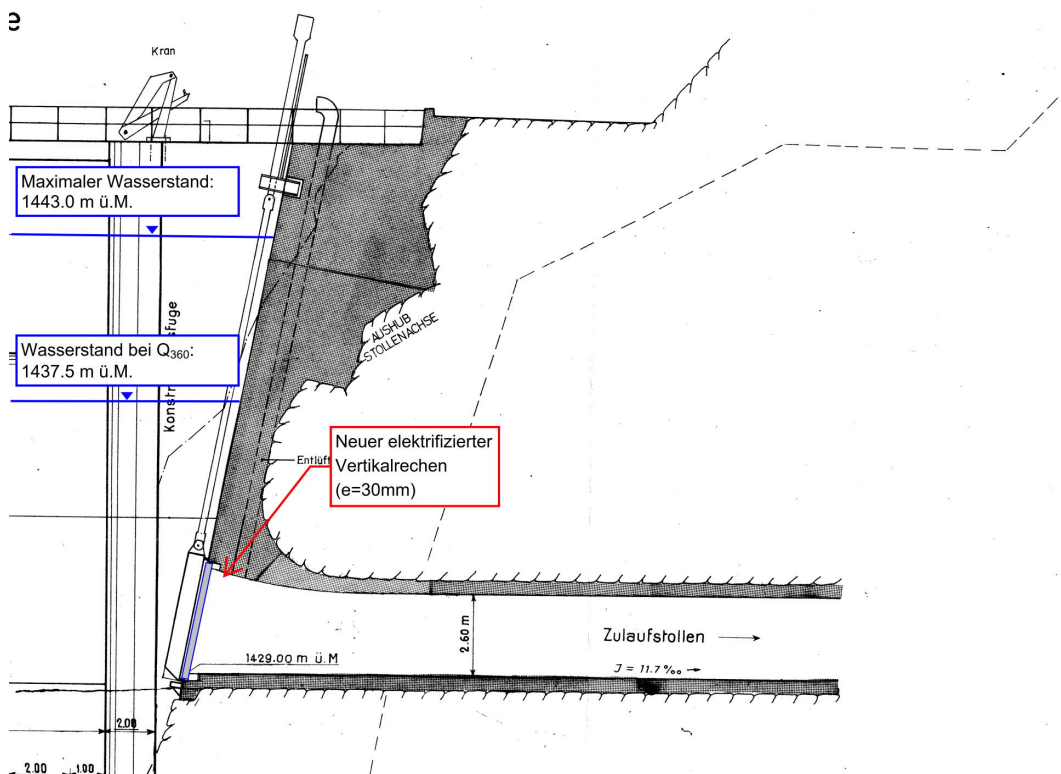


Abbildung 6-3: Variante 3 – Längsschnitt

Zur Wirkungskontrolle können z.B. PIT-tag Antennen im Stollen vorgesehen werden, obwohl der Einsatz dieser Technologie schwierig wäre (u.a. wegen der schlechten Zugänglichkeit und der Grösse des Stollenquerschnittes). Alternativ wäre eine Wirkungskontrolle mit Video oder Sonar nach dem Rechen auch möglich.

Die Vor- und Nachteile dieser Variante (gegenüber V0) sind die Folgenden:

Vorteile:

- + Fischschutzdefizit reduziert (elektrifizierter Rechen)
- + Es gibt keinen Einfluss auf die Kapazität des Druckstollens.

Nachteile:

- Effizienz vom Rechen unbekannt
- Pilotobjekt (Wirkungskontrolle, Ausfall)

Bemerkung: Aufgrund eines tödlichen Personenunfalls bei einem Pilotprojekt im Kanton Genf Ende 2022 sind Projekte mit elektrifiziertem Rechen vorerst ausgesetzt.

6.3 Bewertung und Evaluation Bestvariante

Eine Reduktion der lichte Stabweite des Einlaufrechens von 30 mm auf 20 mm würde verhindern, dass Fische mit Körpergrösse zwischen 30 cm und 20 cm in den Stollen gelangen. Eine Verdriftungsgefahr besteht für diese Fische jedoch nur zwischen 90 und 135 Tagen pro Jahr (siehe Tabelle 6-2). Da die Wahrscheinlichkeit des Auffindens des Einlaufs schon gering ist (siehe Kapitel 3.1.3), ist der Mehrwert einer solchen Reduktion als gering eingeschätzt. Der Mehrwert einer Reduktion der lichte Stabweite des Einlaufrechens von 30 mm auf 10 mm ist grösser, sie ist aber nur möglich für die Variante 2.

Tabelle 6-2: Verdriftungsgefahr im Druckstollen je nach Körpergrösse von Fischen

Körpergrösse von Fischen [m]	Dauerschwimmgeschwindigkeit [m/s]	Dauer der Verdriftungsgefahr		
		mit 30 mm lichte Stabweite [Tage pro Jahr]	mit 20 mm lichte Stabweite [Tage pro Jahr]	mit 10 mm lichte Stabweite [Tage pro Jahr]
10	0.38	160	160	160
20	0.66	135	135	0*
30	0.91	90	0*	0*

*Fische können nicht in den Stollen gelangen

Die angewendeten Kriterien zu Variantenbewertung, deren Kurzbeschreibung und Gewichtung sind im Anhang B detailliert dokumentiert. Die gewichteten Bewertungspunkte von Fischabstiegsvarianten wurden zusammengezählt. 5 Punkte entspricht der höchsten Gesamtnote, während 1 die tiefste Benotung darstellt

Die grobe Kostenschätzungen sind im Anhang C ersichtlich. Der Genauigkeitsbereich von in der aktuellen Planungsphase ermittelten Kosten liegt bei $\pm 25\%$. Kosten für den Produktionsausfall für die Periode Juli bis Oktober sind auf grob auf 3.0 mio. CHF geschätzt. Für jede Variante werden diese Kosten in Abhängigkeit von der geschätzten Dauer des Ausfalls linear angepasst. Generell sind die Kosten der Varianten stark von Kosten des Produktionsausfalls abhängig.

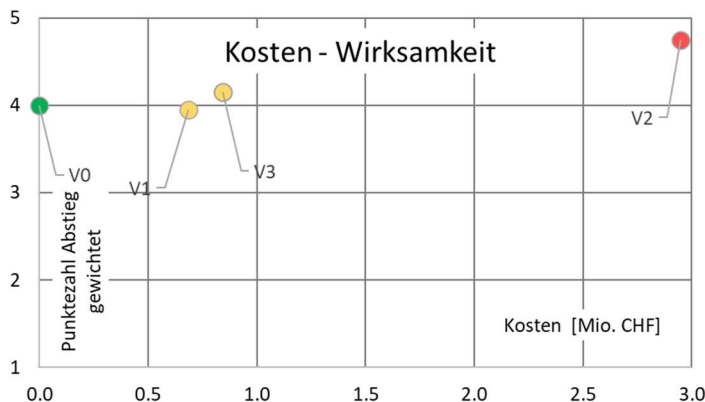


Abbildung 6-4: Kosten-Nutzen Diagramm – Varianten beim Ausgleichsbecken Ferrera

Aus Kosten-Wirksamkeitsdiagramm (siehe Abbildung 6-4) wird ersichtlich, dass der Mehrwert einer Sanierung gering ist.

Bei der Bewertung der Varianten wird davon ausgegangen, dass das Vorkommen von Forellen beim Einlauf unwahrscheinlich ist. Es bleibt jedoch eine gewisse Unsicherheit bezüglich dieser Annahme bestehen (siehe Kapitel 3.1.3). Um diese Annahme zu bestätigen, könnte eine Monitoring-Kampagne (Aris-Sonar) in Betracht gezogen werden. Sollten aufgrund der Ergebnisse dieser Studie Sanierungsmassnahmen erforderlich sein, gibt jedoch keine Sanierungsvariante, die technisch risikolos ist und deren Kosten verhältnismässig sind:

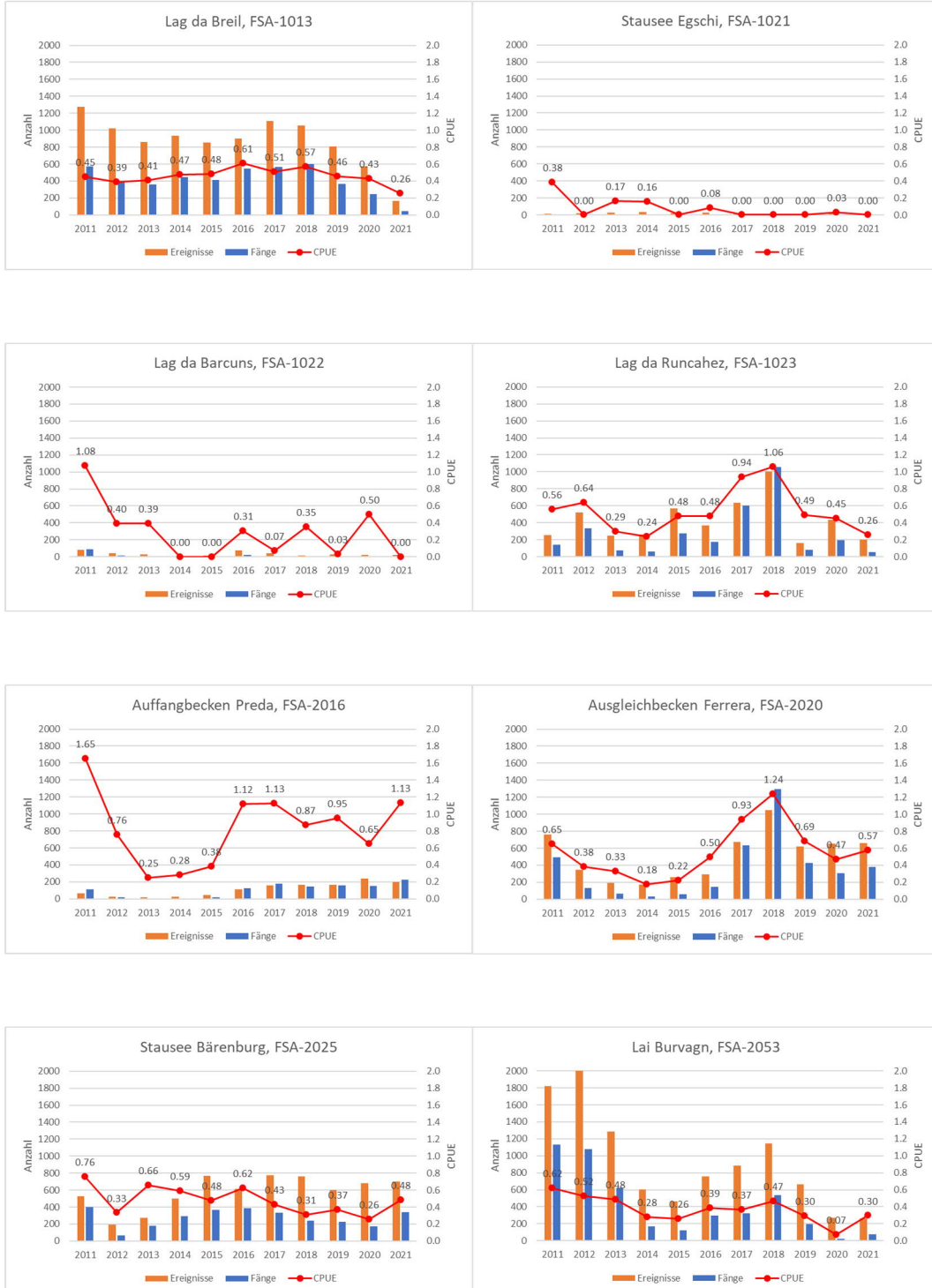
- Die Umsetzung der Variante 1 ist aufgrund des betrieblichen Risikos (Rechenreinigung), dass die Reduktion des Rechenstababstands auf 20 mm mit sich bringt, nicht empfehlenswert.
- Die Variante 3 mit elektrifizierter Vertikalrechen ist noch keine Reife Technologie (Effizienz unbekannt) und ist ebenfalls mit Risiken verbunden (insbesondere, wenn Anpassungen des Rechens nachträglich erforderlich sind, da die Kosten für Produktionsausfall hoch sind).
- Die Variante 2 ist wegen Kosten für den Produktionsausfall sehr teuer.

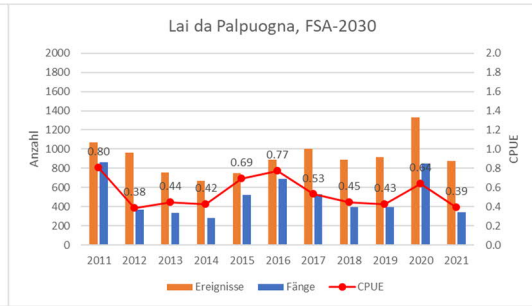
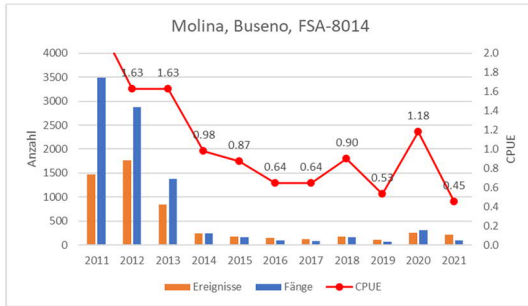
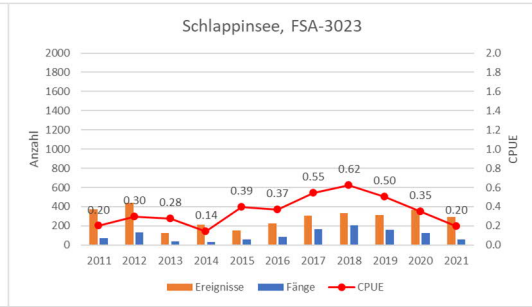
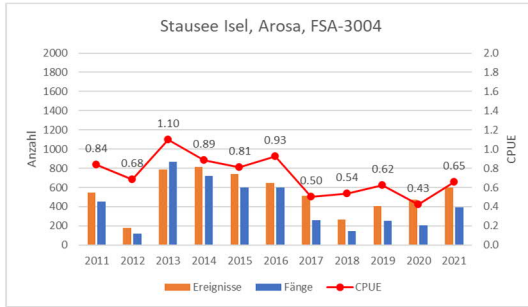
Es wird daher empfohlen keine Sanierungsmassnahmen vorzunehmen.

7 Referenzen

- [1] Amt für Jagd und Fischerei Kanton Graubünden, Wiederherstellung der Fischwanderung, Strategische Planung, Schlussbericht, ecowert gmbh, Dezember 2014
- [2] Bundesamt für Energie, Verfügung vom 28. Juli 2021 an Kraftwerke Hinterrhein AG
- [3] Kraftwerke Hinterrhein AG, Absenkungen und Entleerungen von Stauanlagen, Spülkonzept Durchführung und Überwachung Spülungen (Version 2), Ausgleichsbecken Preda Ferrera und Bärenburg, ecowert gmbh, 17. Januar 2022 und Ergänzung 23. Juni 2022
- [4] Amt für Natur und Umwelt Kanton Graubünden, Zusammenstellung von Daten der Fischereistatistik nach Anfrage von AFRY, Email von Andreas Meraner am 17.10.2022 und 27.02.2023
- [5] Amt für Jagd und Fischerei Kanton Graubünden, Chronik der Bündner Fischerei 1866 bis heute, 2021, Chur
- [6] Amt für Jagd und Fischerei Kanton Graubünden, Kurzbericht Fischereistatistik Graubünden: Bezugsjahr 2021, Chur
- [7] Kanton Graubünden, Fischereibetriebsvorschriften 2022
- [8] Bewilligung Verlängerungen des provisorischen Spülregimes für die Ausgleichsbecken Preda, Ferrera und Bärenburg der Kraftwerke Hinterrhein, Regierung des Kanton Graubünden, RB Nr. 516/2022 vom 7. Juni 2022
- [9] Schwevers U. und Adam B., Fish Protection Technologies and Fish Ways for Downstream Migration, 2020
- [10] Ebel G., Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, 2013
- [11] BAFU, Wiederherstellung der Fischwanderung, Gute Praxisbeispiele für Wasserkraftanlagen in der Schweiz, 2022
- [12] Amt für Natur und Umwelt Kanton Graubünden, Altersanalysen und Wachstumsbestimmungen an Bachforellen in Bündner Gewässern, Schlussbericht, Aquatica GmbH und Fischwerk, Juli 2018
- [13] Mendez R., Fischverhalten am Kraftwerk – Erkenntnisse aus verhaltensbiologischen Studien, Axpo Power AG, Abteilung Wasser, Bau & Umwelt, 12.11.2019
- [14] Amt für Jagd und Fischerei Kanton Graubünden, Besatzstrategie 2025, Fischereibezirke I, II, III, VI und VII
- [15] Amt für Natur und Umwelt Kanton Graubünden, Sanierung Geschiebehaushalt, Schlussbericht, Hunziker, Zarn & Partner AG, Dezember 2014
- [16] Kraftwerke Hinterrhein, Jahresbericht Stauanlage Preda, ewz, 2017-2021
- [17] Kraftwerke Hinterrhein, Jahresbericht Stauanlage Ferrera, ewz, 2017-2021
- [18] BAFU, Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen, 2017

A Vergleichbaren Seen - Daten der Fischereistatistik für die Periode 2011–2021





B Bewertung der Varianten

		Variante 0	Variante 1	Variante 2a	Variante 2b	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Auffangbecken Preda								
	Gewichtung							
Bewertung Abstieg		Ist Zustand	Nachrüstung Rollschütz	Neuer Teil-Vertikalrechen beim Einlauf	Neuer Teil-Vertikalrechen beim Einlauf und Massnahmen beim Auslass	Neuer Vertikalrechen beim Einlauf	Anpassung des Einlauf, neue Vertikalrechen und RRM	Neuer elektrifizierter Vertikalrechen beim Einlauf
Verletzung/Tod infolge Verdriftung und Aufprallen	50	2.00 ziemlich hoch	3.00 mittel	4.00 ziemlich hoch	4.50 ziemlich hoch	5.00 mittel	5.00 mittel	4.00 mittel
P1 = Wahrscheinlichkeit Auffinden Einlauf		Auffangbeckenfläche eher gross, Position des Einlaufs stimmt aber mit dem Schwimmhorizont von Fischen	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)	Auffangbeckenfläche eher gross, Position des Einlaufs stimmt aber mit dem Schwimmhorizont von Fischen	Auffangbeckenfläche eher gross, Position des Einlaufs stimmt aber mit dem Schwimmhorizont von Fischen	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)
P2 = Wahrscheinlichkeit Passage durch Einlaufrechen und Verdriftung in den Stollen		330/365 Verdriftung von Fischen (L < 30 cm) während ~330 Tagen pro Jahr möglich	330/365 Verdriftung von Fischen (L < 30 cm) während ~330 Tagen pro Jahr möglich, Dunklere Lichtbedingungen beim Einlauf	80/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 20 cm) während 275 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 20 cm) während 330 Tagen pro Jahr möglich	80/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 20 cm) während 275 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 20 cm) während 330 Tagen pro Jahr möglich	0/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 20 cm) während 365 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 20 cm) während 330 Tagen pro Jahr möglich	0/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 20 cm) während 365 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 20 cm) während 330 Tagen pro Jahr möglich	n/a Effizienz Rechen unbekannt, Dunklere Lichtbedingungen beim Einlauf
P3 = Wahrscheinlichkeit Verletzung/Tod infolge Aufprallen gegen Taiflanken		320/330 Verletzungs- oder Todesgefahr beim Auslass während 320 Tage pro Jahr	> 320/330 Verletzungs- oder Todesgefahr beim Auslass während 320 Tagen pro Jahr, Zusätzliches Verletzungs- oder Todesrisiko bei Rollschütz	76/80 Verletzungs- oder Todesgefahr während 76 Tagen pro Jahr	53/80 Verletzungs- oder Todesgefahr während 53 Tagen pro Jahr	> 320/365 Verletzungs- oder Todesgefahr beim Auslass während 320 Tagen pro Jahr, Zusätzliches Verletzungs- oder Todesrisiko bei Rollschütz	> 320/365 Verletzungs- oder Todesgefahr beim Auslass während 320 Tagen pro Jahr, Zusätzliches Verletzungs- oder Todesrisiko bei Rollschütz	> 320/365 Verletzungs- oder Todesgefahr beim Auslass während 320 Tagen pro Jahr, Zusätzliches Verletzungs- oder Todesrisiko bei Rollschütz
P1 x P2 x P3 = gesamte Wahrscheinlichkeit		0.88 x ziemlich hoch	> 0.88 x mittel	0.21 x ziemlich hoch	0.15 x ziemlich hoch	null	null	mittel bis gering ?
Verletzung/Tod infolge Anpressen an Rechen	10	5.00 ziemlich hoch	5.00 mittel	4.50 ziemlich hoch	4.50 ziemlich hoch	4.00 mittel	4.50 mittel	5.00 mittel
P1 = Wahrscheinlichkeit Auffinden Einlauf		Auffangbeckenfläche eher gross, Position des Einlaufs stimmt aber mit dem Schwimmhorizont von Fischen	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)	Auffangbeckenfläche eher gross, Position des Einlaufs stimmt aber mit dem Schwimmhorizont von Fischen	Auffangbeckenfläche eher gross, Position des Einlaufs stimmt aber mit dem Schwimmhorizont von Fischen	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)	Einlauf tiefer im Wasser positioniert, (Reduzierte Leitstromung zum Einlauf)
P2 = Wahrscheinlichkeit Verletzung/Tod infolge Anpressen an Rechen		null Lichte Weite der Rechenstäbe: 300 mm	null Lichte Weite der Rechenstäbe: 300 mm	90/365 x mittel Fliesgeschwindigkeit an Rechen > 0.5 m/s während 90 Tagen pro Jahr, Grossteil des Wassers fliesst aber über den Rechen	90/365 x mittel Fliesgeschwindigkeit an Rechen > 0.5 m/s während 90 Tagen pro Jahr, Grossteil des Wassers fliesst aber über den Rechen	40/365 Fliesgeschwindigkeit an Rechen > 0.5 m/s während 40 Tagen pro Jahr	20/365 Fliesgeschwindigkeit an Rechen > 0.5 m/s während 20 Tagen pro Jahr	null Lichte Weite der Rechenstäbe: 300 mm
P1 x P2 = gesamte Wahrscheinlichkeit		null	null	0.25 x mittel x ziemlich hoch	0.25 x mittel x ziemlich hoch	0.11 x mittel	0.05 x mittel	null
Betriebliche und ökologische Kriterien	40	3.88	4.25	3.50	3.88	2.13	3.88	3.75
- Erfahrungswert, Betriebssicherheit	10	5 derzeitiger Betrieb ohne besondere Schwierigkeiten	5 keine grösseren Schwierigkeiten bei der Kontrolle des Wasserstands erwartet	4.5 Bei grossen Abflüssen und Verkläuerung des Rechen wird fast kein Wasser verloren.	4.5 Bei grossen Abflüssen und Verkläuerung des Rechen wird fast kein Wasser verloren.	2 Wasserverluste infolge Verkläuerung des Rechen möglich	1 Zugänglichkeit bei einem Ausfall während der Schneeschmelze nicht gegeben	3 Pilotobjekt in einem Gebiet, das wenig zugänglich ist (Monitoring, Ausfall)
- Unterhaltsaufwand Rechenreinigung	20	4 derzeitiger Unterhaltsaufwand zur Rechenreinigung überschaubar	4.5 Reinigungsarbeit tendenziell erhöht, Einlauf weniger anfällig auf Verkläuerung	3.5 Reinigungsarbeit tendenziell erhöht, Reinigung vom Rechen nur bei tiefen Abflüssen und mit einem Boot möglich	3.5 Reinigungsarbeit tendenziell erhöht, Reinigung vom Rechen nur bei tiefen Abflüssen und mit einem Boot möglich	5 Reinigungsarbeiten tendenziell erhöht, Reinigung vom Rechen nur bei tiefen Abflüssen und mit einem Boot möglich	5 Reinigung automatisiert (RRM), Rechenlupe werden im Stollen zurückgegeben	4 derzeitiger Unterhaltsaufwand zur Rechenreinigung überschaubar
- Machbarkeit Monitoring	5	2 PIT-tag Antennen oder Sonar schwierig Keine andere Monitoring-Methode anwendbar	2 PIT-tag Antennen schwierig Keine andere Monitoring-Methode anwendbar	2 PIT-tag Antennen schwierig Keine andere Monitoring-Methode anwendbar	5 Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden	5 Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden	5 Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden	4 Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen möglich
- Andere	5	3 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)	4 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)	3 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)	3 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)	4 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)	4 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)	4 grössere Seefläche im Winter (Fischhabitat)
Durchschnittl. gewichtete Punktezah Abstieg (0-5)	100	3.05	3.70	3.85	4.25	3.75	4.50	4.00
Baukosten (Mio. CHF)		0.00	0.58	0.56	0.97	1.05	2.92	1.15
Verhältnismässigkeit		3.00	4.00	5.00	4.00	3.00	2.00	3.00
Bewertung		<p>Gesamtbewertung von Varianten</p>						
1	sehr schwierig umsetzbar / Funktionalität nicht gegeben							
2	schwierig umsetzbar / Funktionalität grossenteils nicht gegeben							
3	normal umsetzbar / Funktionalität eingeschränkt gegeben							
4	gut umsetzbar / Funktionalität gegeben							
5	sehr gut umsetzbar / Funktionalität übertroffen							
Wahrscheinlichkeit								
hoch	hohe Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P = -1)							
2. hoch	ziemlich hohe Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P ≥ -0.5)							
mittel	mittlere Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P = -0.5)							
gering	keine Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P ≤ -0.5)							
null	sehr kleine Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P = -0)							

Auffangbecken Ferrera		Variante 0	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bewertung Abstieg		Ist Zustand	Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf	Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm), Anpassung Einlauf mit Rollschutz und RRM	Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 30 mm) beim Einlauf
	Gewichtung				
Verletzung/Tod infolge Verdriftung und Turbinenpassage		4,00	5,00	5,00	4,50
P1 = Wahrscheinlichkeit Auffinden Einlauf	50	gering	gering	gering	gering
		Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert	Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert	Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert	Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert
P2 = Wahrscheinlichkeit Passage durch Einlaufrechen und Verdriftung in den Stollen		135/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 30 cm) während 365 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 30 cm) während 90 bis 160 Tagen pro Jahr	0/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 20 cm) während 365 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 20 cm) während 135 bis 160 Tagen pro Jahr	0/365 Verdriftung von Fischen (L ≥ 20 cm) während 365 Tagen pro Jahr verhindert, Verdriftung von Fischen (L < 20 cm) während 135 bis 160 Tagen pro Jahr	n/a Effizienz vom Rechen unbekannt
P3 = Wahrscheinlichkeit Verletzung/Tod infolge Turbinenpassage		(sehr) hoch	(sehr) hoch	(sehr) hoch	(sehr) hoch
		Todesgefahr bei einer Turbinenpassage	Todesgefahr bei einer Turbinenpassage	Todesgefahr bei einer Turbinenpassage	Todesgefahr bei einer Turbinenpassage
P1 x P2 x P3 = gesamte Wahrscheinlichkeit		gering	null	null	(sehr) gering
Verletzung/Tod infolge Anpressen an Rechen		4,50	4,50	4,50	4,50
P1 = Wahrscheinlichkeit Auffinden Einlauf	10	gering	gering	gering	gering
		Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert	Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert	Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert	Ausgleichsbeckeneinfache eher gross, Einlauf tief im Wasser positioniert
P2 = Wahrscheinlichkeit Verletzung/Tod infolge Anpressen an Rechen		gering	gering	gering	gering
		Fliessgeschwindigkeit an Rechen > 0,5 m/s während 20 Tagen pro Jahr	Fliessgeschwindigkeit an Rechen > 0,5 m/s während 20 Tagen pro Jahr	Fliessgeschwindigkeit an Rechen > 0,5 m/s während 20 Tagen pro Jahr	Fliessgeschwindigkeit an Rechen > 0,5 m/s während 20 Tagen pro Jahr
P1 x P2 = gesamte Wahrscheinlichkeit		(sehr) gering	(sehr) gering	(sehr) gering	(sehr) gering
Betriebliche und ökologische Kriterien		3,88	2,50	4,50	3,63
- Erfahrungswert, Betriebssicherheit	40	4	4	4	3
		derzeitiger Betrieb ohne besondere Schwierigkeiten	bewährte Technologie	bewährte Technologie	Pilotobjekt
- Unterhaltsaufwand Rechenreinigung	20	4	1	5	4
		derzeitiger Betrieb ohne besondere Schwierigkeiten	Unsicherheiten hinsichtlich der Reinigung des Rechens	Reinigung automatisiert (RRM), Rechengüte werden im Becken zurückgegeben	derzeitiger Betrieb ohne besondere Schwierigkeiten
- Machbarkeit Monitoring	5	4	5	5	4
		Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen möglich	Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden	Bei einer rein mechanischen Fischschutzmassnahme kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen möglich
- Andere	5	3	3	3	3
Durchschnittl. gewichtete Punktezah Abstieg (0-5)		4,00	3,95	4,75	4,15
Baukosten (Mio. CHF)		0,00	0,68	2,95	0,84
Verhältnismässigkeit		5,00	3,00	2,00	3,00

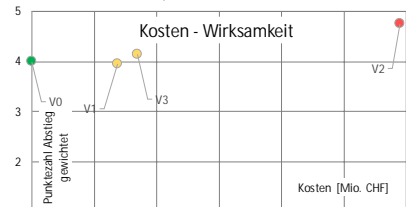
Bewertung

- 1 sehr schwierig umsetzbar / Funktionalität nicht gegeben
- 2 schwierig umsetzbar / Funktionalität grossenteils nicht gegeben
- 3 normal umsetzbar / Funktionalität eingeschränkt gegeben
- 4 gut umsetzbar / Funktionalität gegeben
- 5 sehr gut umsetzbar / Funktionalität übertroffen

Wahrscheinlichkeit

- hoch hohe Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P = -1)
- z. hoch ziemlich hohe Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P ≥ -0,5)
- mittel mittlere Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P = -0,5)
- gering kleine Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P ≤ -0,5)
- null sehr kleine Wahrscheinlichkeit über den Zeithorizont (P = -0)

Gesamtbewertung von Varianten



Variante	Kosten [Mio. CHF]	Punktezah Abstieg gewichtet
V0	0,00	4,00
V1	0,68	3,95
V2	2,95	4,75
V3	0,84	4,15

C Kostenschätzung

Fischschutz bei Wasserfassung Preda - Kostenschätzung (Genauigkeitsbereich: ± 25%)

Variante 1 - Nachrüstung Rollschütz						
Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		14'400	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					15'000	
200 Baumeister						
210	Bedienkammer	Pauschal			20'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		4'000	
Total (gerundet)					24'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Nachrüstung vom Rollschütz	Stück	1	60'000	60'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		12'000	
Total (gerundet)					72'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			50'000	
420	Monitoring	Pauschal			-	Monitoring nicht möglich
Total (gerundet)					50'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			323'529	1 Woche zur Nachrüstung vom Rollschütz
Total (gerundet)					323'529	
Gesamtkosten ohne MWST.					484'529	
Variante 2a - Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf						
Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		11'700	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					12'000	
200 Baumeister						
210	Anpassungen Einlauf zur Montage Teil-Vertikalrechen	Pauschal			5'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		1'000	
Total (gerundet)					6'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Teil-Vertikalrechen (e=20mm)	Stück	1	60'000	60'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		12'000	
Total (gerundet)					72'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			50'000	
420	Monitoring	Pauschal			-	Monitoring nicht möglich
Total (gerundet)					50'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			323'529	1 Woche zur Montage vom Teil-Vertikalrechen
Total (gerundet)					323'529	
Gesamtkosten ohne MWST.					463'529	

Variante 2b - Neuer Teil-Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf und Massnahmen beim Auslass

Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		19'200	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					20'000	
200 Baumeister						
210	Anpassungen Einlauf zur Montage Teil-Vertikalrechen	Pauschal			5'000	
210	Anpassungen Auslass vom Stollen	Pauschal			50'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		1'000	
Total (gerundet)					56'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Teil-Vertikalrechen (e=20mm)	Stück	1	60'000	60'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		12'000	
Total (gerundet)					72'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			70'000	
420	Monitoring	Pauschal			-	Monitoring nicht möglich
Total (gerundet)					70'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			647'059	2 Wochen zur Montage vom Teil-Vertikalrechen und Massnahmen Auslauf
Total (gerundet)					647'059	
Gesamtkosten ohne MWST.					865'059	

Variante 3 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf

Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		42'150	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					43'000	
200 Baumeister						
210	Bedienkammer	Pauschal			20'000	
220	Anpassungen Einlauf zur Montage Vertikalrechen	Pauschal			5'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		4'000	
Total (gerundet)					29'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Nachrüstung vom Rollschütz	Stück	1	60'000	60'000	
320	Vertikalrechen (e=20mm)	Stück	1	180'000	180'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		12'000	
Total (gerundet)					252'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			80'000	
420	Monitoring	Pauschal			50'000	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen
Total (gerundet)					80'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			647'059	2 Wochen zur Montage vom Vertikalrechen und Nachrüstung vom Rollschütz
Total (gerundet)					647'059	
Gesamtkosten ohne MWST.					1'051'059	

Variante 4 - Anpassung des Einlaufbauwerks, neue Vertikalrechen (e = 20 mm) und RRM

Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		95'400	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					96'000	
200 Baumeister						
210	Bedienkammer	Pauschal			20'000	
220	Ausbau best. Einlauf	Pauschal			50'000	
230	Neuer Einlauf	Pauschal			250'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		4'000	
Total (gerundet)					324'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Nachrüstung vom Rollschütz	Stück	1	60'000	60'000	
320	Vertikalrechen (e=20mm)	Stück	1	180'000	180'000	
330	RRM	Stück	1	60'000	60'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		12'000	
Total (gerundet)					312'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			250'000	
420	Monitoring	Pauschal			50'000	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen
Total (gerundet)					300'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			1'941'176	6 Wochen zum Umbau vom Einlauf
Total (gerundet)					1'941'176	
Gesamtkosten ohne MWST.					2'973'176	

Variante 5 - Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 300 mm) beim Einlauf

Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		33'150	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					34'000	
200 Baumeister						
210	Bedienkammer	Pauschal			20'000	
220	Anpassungen Einlauf zur Montage Vertikalrechen	Pauschal			5'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		4'000	
Total (gerundet)					29'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Nachrüstung vom Rollschütz	Stück	1	60'000	60'000	
320	Elektrifizierter Vertikalrechen (e=300mm)	Stück	1	120'000	120'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		12'000	
Total (gerundet)					192'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			100'000	
420	Monitoring	Pauschal			50'000	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen
Total (gerundet)					150'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			647'059	2 Wochen zur Montage vom Vertikalrechen und Nachrüstung vom Rollschütz
Total (gerundet)					647'059	
Gesamtkosten ohne MWST.					1'052'059	

Fischschutz bei Wasserfassung Preda - Kostenschätzung (Genauigkeitsbereich: ± 25%)
Variante 1 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm) beim Einlauf

Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		32'850	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					33'000	
200 Baumeister						
210	Anpassungen Einlauf zur Montage Vertikalrechen	Pauschal			15'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		3'000	
Total (gerundet)					3'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Vertikalrechen (e=20mm)	Stück	1	180'000	180'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		36'000	
Total (gerundet)					216'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			50'000	
420	Monitoring	Pauschal			50'000	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen
Total (gerundet)					80'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			352'941	2 Wochen zur Montage vom Vertikalrechen
Total (gerundet)					352'941	
Gesamtkosten ohne MWST.					684'941	

Variante 2 - Neuer Vertikalrechen (e = 20 mm), Anpassung Einlauf mit Rollschütz und RRM

Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		75'600	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					76'000	
200 Baumeister						
210	Bedienkammer	Pauschal			50'000	
220	Aussparung im Druckstollen	Pauschal			30'000	
230	Kernbohrung	Pauschal			30'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		10'000	
Total (gerundet)					120'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Rollschütz	Stück	1	50'000	120'000	
320	Vertikalrechen (e=20mm)	Stück	1	180'000	180'000	
330	RRM	Stück	1	60'000	60'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		24'000	
Total (gerundet)					384'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			250'000	
420	Monitoring	Pauschal			50'000	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen
Total (gerundet)					300'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			2'117'647	12 Wochen zum Umbau vom Einlauf
Total (gerundet)					2'117'647	
Gesamtkosten ohne MWST.					2'997'647	

Variante 3 - Neuer elektrifizierter Vertikalrechen (e = 30 mm) beim Einlauf						
Pos. Nr.	Beschrieb Position	Einheit	Ausmas:	Einheitspreis	Total	Bemerkungen
100 Baustelleinrichtung						
110	Installationskosten	%	15%		35'100	15% x (Pos. 200 + Pos. 300)
Total (gerundet)					36'000	
200 Baumeister						
210	Anpassungen Einlauf zur Montage Vertikalrechen	Pauschal			15'000	
290	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		3'000	
Total (gerundet)					18'000	
300 Stahlwasserbau						
310	Elektrifizierter Vertikalrechen (e=30mm)	Stück	1	180'000	180'000	
390	Diverses/Unvorhergesehenes	%	20%		36'000	
Total (gerundet)					216'000	
400 Planung, Projektierung, Monitoring						
410	Planung und Projektierung	Pauschal			70'000	
420	Monitoring	Pauschal			50'000	Videomonitoring oder Sonar nach dem Rechen
Total (gerundet)					120'000	
500 Ausfallkosten während Umbau						
510	Ausfallkosten während Umbau	Pauschal			352'941	2 Wochen zur Montage vom Vertikalrechen
Total (gerundet)					352'941	
Gesamtkosten ohne MWST.					742'941	