

# SCHWELLE ALBULA

Sils i.D. (GR)

## SANIERUNG FISCHGÄNGIGKEIT

---

### BAUPROJEKT

---

#### Technischer Bericht



---

Verfasser:

**entegra**   
**wasserkraft**

[www.entegra.ch](http://www.entegra.ch)

November 2020

#### Änderungsnachweis

Version	Datum	Bezeichnung der Änderungen	Verteiler

#### Impressum

**Auftraggeber:** Kraftwerke Hinterrhein AG, Spitalstrasse 7, 7430 Thusis  
*Kontaktperson: Pascal Barrea, p.barrea@khr.ch*

**Kant. Leitbehörde:** Amt für Jagd und Fischerei Graubünden  
*Kontaktperson: Dr. Marcel Michel, marcel.michel@ajf.gr.ch*

**Berichtverfasser:** Entegra Wasserkraft AG, Reichsgasse 3, 7000 Chur, 081 511 11 60  
*Claudio Caflisch, claudio.caflisch@entegra.ch*  
*Peter Eichenberger, peter.eichenberger@entegra.ch*

**Fachspezialist Wasserbau / Geschiebe:** Hunziker, Zarn & Partner AG, Gassa Sutò 43a, 7013 Domat/Ems  
*Benno Zarn, benno.zarn@hzp.ch*

**Fachspezialist Fischökologie:** ecowert gmbh, Nordstrasse 1, 7000 Chur  
*Pio Pitsch, pio.pitsch@ecowert.ch*

**Titelbild:** Schwelle Albula mit best. Fischtreppe, Foto Entegra

## INHALT

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>3</b>
1.1	Ausgangslage .....	3
1.2	Auftrag .....	3
<b>2</b>	<b>PLANUNGSGRUNDLAGEN</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>RANDBEDINGUNGEN UND ZIELE</b> .....	<b>5</b>
3.1	Bestehende Anlagen und Bauwerke .....	5
3.2	Rechtliche Situation .....	6
3.3	Fischökologische Bedingungen .....	6
3.4	Defizite der bestehenden Fischaufstiegshilfe (FAH) .....	7
3.5	Fischereibiologische Ziele .....	7
3.6	Betrieb Fischaufstiegshilfe .....	7
3.7	Hydrologische Bedingungen .....	8
3.8	Hochwasserschutz .....	8
<b>4</b>	<b>ERMITTLUNG DER BESTVARIANTE</b> .....	<b>9</b>
4.1	Bestvariante .....	9
<b>5</b>	<b>FISCHAUFSTIEGSANLAGE</b> .....	<b>10</b>
5.1	Positionierung der FAH am Aufstiegshindernis / Auffindbarkeit .....	10
5.2	Bemessungsgrundlagen .....	11
5.3	Entwurf und Bemessung .....	11
5.4	Ausgestaltung .....	12
<b>6</b>	<b>ZUFAHRTSRAMPE</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>WIRKUNGSKONTROLLE</b> .....	<b>15</b>
7.1	Ziel .....	15
7.2	Fragestellung .....	15
7.3	Konzept .....	15
<b>8</b>	<b>UNTERHALTSKONZEPT</b> .....	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>UMWELTASPEKTE</b> .....	<b>19</b>
9.1	Geschiebe .....	19
9.2	Bodenschutz .....	19
9.3	Altlasten .....	19
9.4	Natur- und Landschaftsschutz .....	20
9.5	Rodungen .....	20
9.6	Gefahrenzonen .....	21
<b>10</b>	<b>WERKLEITUNGEN</b> .....	<b>21</b>
<b>11</b>	<b>BAUABLAUF UND TERMINPLANUNG</b> .....	<b>22</b>
11.1	Baustellenerschliessung / Installation .....	22
11.2	Wasserhaltung .....	22
11.3	Baugrubensicherung .....	22
11.4	Bauablauf / Bauphasen .....	23
11.5	Grobterminprogramm .....	23
<b>12</b>	<b>KOSTEN</b> .....	<b>25</b>
12.1	Investitionskosten .....	25
12.2	Unterhaltskosten .....	25
<b>13</b>	<b>PLANUNGSPROZESSE IM UMFELD</b> .....	<b>27</b>

**Beilagen:**

**B1: Variantenstudium, Technischer Bericht**

**B3: Kostenvoranschlag**

**B4: Pläne**

- B4.1: 7087.2-001    Übersichtsplan 1:500
- B4.2: 7087.2-011    Grundriss 1:200
- B4.3: 7087.2-012    Schnitte 1:100
- B4.4: 7087.2-021    Baustelleinstallation / Wasserhaltung / Baugrubensicherung; Grundriss 1:200 / Schnitt 1:100
- B4.5: 7087.2-022    Bauphasenplan 1:500
- B4.2: 7087.2-032    Rodungsplan, Übersicht 1:25'000
- B4.2: 7087.2-033    Rodungsplan, Situation 1:500

**B5: Gesuche**

- B5.1: 7087.2-031    Rodungsgesuch

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Die Kraftwerke Hinterrhein AG (KHR) nutzt seit den 1960er Jahren die Wasserkraft des Hinterrheins. Unter anderem betreibt sie seit 1961 das Kraftwerk in Sils i.D. Mit dem Bau des Kraftwerks wurde der Flusslauf der Albula teilweise umgelegt und dadurch verkürzt. Vor der Wasserrückgabe der Zentrale Sils wurde zur Sohlstabilisierung ein ca. 4 m hohes Absturzbauwerk errichtet. Basierend auf einer Verfügung der Regierung des Kantons Graubünden aus dem Jahre 1973 wurde – nach der Ausarbeitung und Prüfung verschiedener Projektentwürfe – 1980/81 im Rahmen einer Sanierung des Absturzbauwerks eine Fischtreppe erstellt. In den Jahren 1982/83 erfolgte eine erste Erneuerung bzw. Optimierung und 1992 eine zweite Sanierung der Fischaufstiegshilfe (Details zu Entstehung/Entwicklung der best. FAH siehe Ref. [5]).

Aufgrund diverser Gesetzesänderungen und insbesondere nach Inkrafttreten des revidierten Gewässerschutzgesetzes sind Massnahmen für die Wiederherstellung der Fischgängigkeit der Fliessgewässer umzusetzen. Gemäss kantonaler Planung wurde mit dem Entscheid der Regierung vom 5. April 2016 (Mitteilung vom 6. April 2016) für das bestehende Absturzbauwerk bzw. für die bestehende Fischtreppe in Sils i.D. eine Sanierungspflicht der KHR bezüglich Fischaufstieg angeordnet. Als Sanierungsziel wird der uneingeschränkte Aufstieg der Bach- und Seeforelle in der Albula im Bereich des Absturzbauwerks festgelegt.

Im Rahmen eines Variantenstudiums wurden sämtliche grundsätzlich denkbaren Möglichkeiten zur Verbesserung der Längsvernetzung an der Schwelle Albula aufgezeigt (Ref. [5]). Der entsprechende Bericht wurde im Oktober 2018 an das Amt für Jagd und Fischerei (AJF) des Kantons Graubünden eingereicht. Nach einer Vernehmlassung bei den kantonalen Fachstellen wurde die im Variantenstudium empfohlene Bestvariante (Optimierung der bestehenden FAA in Form einer teilgewässerbreiten, rauen Blockrampe) durch das AJF im Grundsatz gutgeheissen. Im Rahmen eines Vorprojekts wurde die Lösung konkretisiert und deren Machbarkeit im Detail untersucht (Ref. [6]). Mit der Stellungnahme vom 11. November 2019 hat das AJF das Vorprojekt kommentiert und die Ausarbeitung des Ansatzes der rauen Blockrampe im Bauprojekt freigegeben.

### 1.2 Auftrag

Die KHR AG hat die Entegra Wasserkraft AG mit der Bearbeitung des Bauprojekts für die Sanierung der Fischgängigkeit an der Schwelle Albula beauftragt. Für die empfohlene Bestvariante («raue Blockrampe») sind – gemäss SIA 103, Phase 32 - ein technischer Bericht, ein Kostenvoranschlag sowie die entsprechenden Pläne und weiteren Gesuchsunterlagen auszuarbeiten.

Das Projektteam wird ergänzt durch die beiden Fachbüros Hunziker, Zarn & Partner AG (Fluss- und Wasserbau, Geschiebe) und ecowert gmbh (Fischökologie).

## 2 Planungsgrundlagen

Die folgenden Grundlagen werden für das vorliegende Projekt verwendet:

- [1] *Regierung des Kantons Graubünden: Sanierungsanordnung Fischgängigkeit Schwelle Albula, Sils i.D.*, datiert 6. April 2016
- [2] **KHR: Plangrundlagen**
  - CAD-Grundlage: Zentrale Sils, Auslauf/Absturzbauwerk/Fischtreppe, Lageplan und Schnitte; 18.06.2018
  - Vermessungsaufnahmen; Längen- und Querprofile Albula, HMQ AG; 25.03.2019
  - Ausführungsplan 155.16.2454 Umbau Fischaufstieg; 17.05.1985
  - Ausführungsplan A05461 Fischaufstieg; 25.02.1982
  - Ausführungsplan 15.10.2395 Auslauf, Absturzbauwerk, Fischtreppe; 14.09.1981
  - Ausführungsplan 155.16.33 Albulaumleitung, Dienststeg; 22.11.1962
  - Ausführungsplan 155.15.227 Unterwasserkanal KHR; 08.11.1962
  - Ausführungsplan 155.15.535 Hochwasserleitmauer; 06.11.1962
  - Modellversuche VAW, Absturzbauwerk; 1962
  - Modellversuche VAW, Wasserrückgabe Sils; 1958
- [3] **BAFU: Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken, Checkliste Best practice**, 2012
- [4] **DWA: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung**; Merkblatt DWA-M 509, DWA, Mai 2014
- [5] KHR: **Sanierung Fischgängigkeit Schwelle Albula, Sils i.D., Variantenstudium**; Oktober 2018
- [6] Entegra Wasserkraft AG: **Sanierung Fischgängigkeit Schwelle Albula, Sils i.D., Vorprojekt**; 28. August 2019
- [7] AJF: Stellungnahme zum Vorprojekt; 11. November 2019

### 3 Randbedingungen und Ziele

Für die Bearbeitung des Bauprojekts sind die nachfolgenden rechtlichen, technischen, fischereibiologischen und wirtschaftlichen Randbedingungen gegeben bzw. festgelegt worden:

#### 3.1 Bestehende Anlagen und Bauwerke

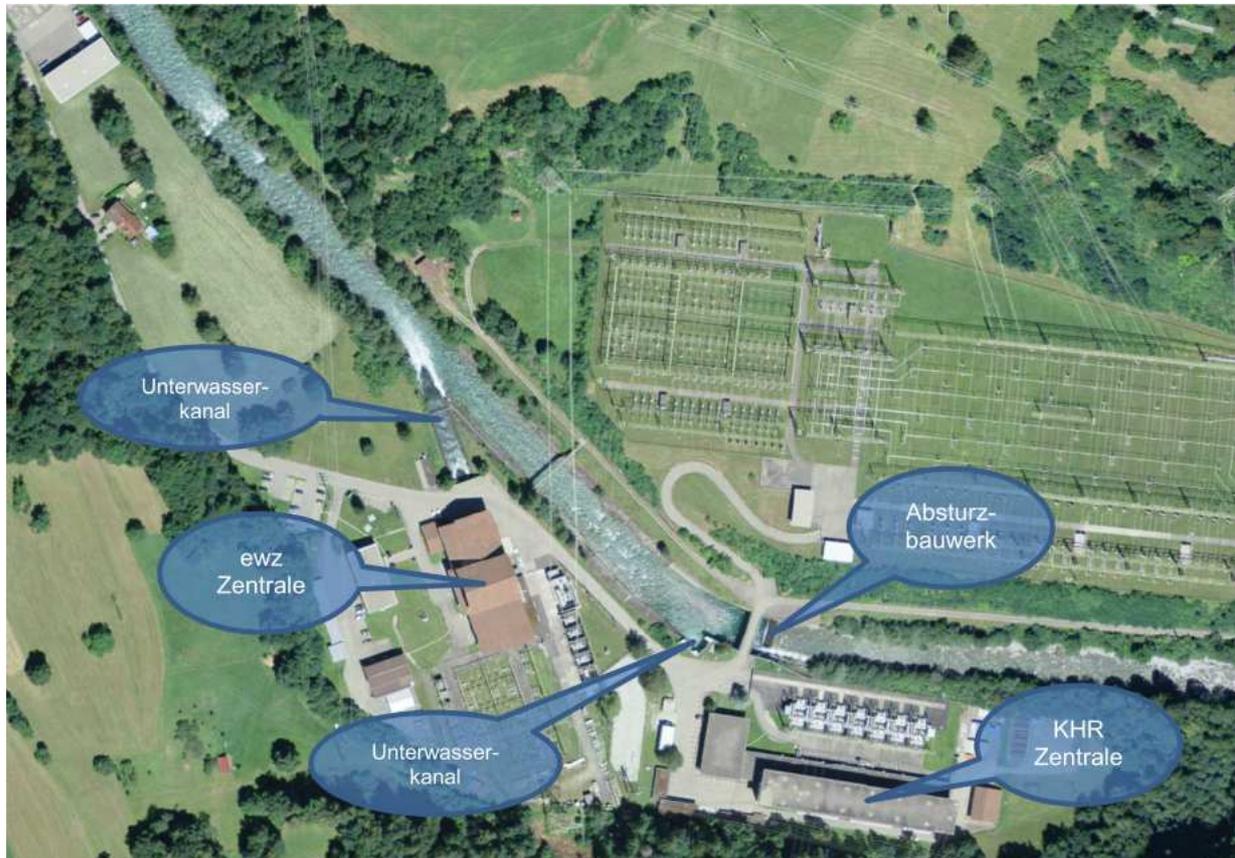


Abb. 1: Übersicht der bestehenden Anlagen und Bauwerke

Die Schwelle in der Albula in Sils i.D. ist ein rund 4 m hoher Riegel zur Sohlstabilisierung vor der Wasserrückgabe der KHR-Zentrale Sils. Im Rahmen einer Sanierung des Absturzbauwerks wurde die Schwelle in den Jahren 1980/81 mit einer Fischtreppe ergänzt.

#### Angaben zum Absturzbauwerk:

- Nutzungsberechtigter: Kraftwerke Hinterrhein AG
- Ort: Sils i.D. u. Scharans
- Koordinaten: 755'022 / 174'512
- Höhenlage: 665 m ü.M.
- Hindernistyp: Absturzbauwerk
- Hindernishöhe: ca. 6.5 m (ok Absturzbauwerk bis Sohle Tosbecken)  
ca. 4.2 m (WSP oberhalb bis min. WSP unterhalb Hindernis)
- Oberwasser: kein Einstau
- Unterwasser: WSP variabel
- Hindernisbreite: 20 m
- Ausrichtung im Gewässer: Querbauwerk
- Baujahr: ca. 1960

## 3.2 Rechtliche Situation

### 3.2.1 Konzessionen

Die Kraftwerke Hinterrhein AG (KHR) nutzen seit den 1960er Jahren die Wasserkraft des Hinterrheins sowie mehrerer Seitenbäche in den Kraftwerken Ferrera, Bärenburg, Sils und Thusis. Die Wasserrechtsverleihung für das Kraftwerk Sils i.D. wurde von der Regierung am 5. November 1955 (Prot. Nr. 2378) genehmigt. Das Nutzungsrecht endet im Jahr 2042. Mit der Wasserrechtsverleihung wird der KHR das Recht erteilt, die Wasserkraft des Hinterrheins und seiner Zuflüsse Pignia- und Reischenbach sowie des Fundogn-Valtschielbachs bis zur Wasserrückgabe in die Albula zu nutzen. Das Kraftwerk Sils i.D. ist seit dem Jahr 1961 in Betrieb. Die Ausbauwassermenge beträgt 73 m<sup>3</sup>/s.

### 3.2.2 Grundstücke, Zonenplan

Die Schwelle an der Albula in Sils i.D. liegt weitgehend auf den Parzellen der Gemeinden Sils i.D. und Scharans.

Der Projektperimeter für die neue Fischaufstiegshilfe und die Nebenanlagen (Zufahrtsrampe) betrifft folgende Grundstücke:

Parz. Nr.	Eigentümerin	Zone
608	Kraftwerke Hinterrhein AG	Kraftwerkzone / Wald
790	Politische Gemeinde Sils i.D.	übriges Gemeindegebiet / Gewässer
1258	Politische Gemeinde Scharans	übriges Gemeindegebiet / Gewässer

## 3.3 Fischökologische Bedingungen

(ecowert gmbh)

Die Albula stellt zwischen der Staumauer der ewz in Solis und dem Absturzbauwerk oberhalb der Wasserrückgabe der KHR in Sils i.D. eine Restwasserstrecke dar mit einem guten, sich natürlich reproduzierenden Forellenbestand. Bestandsuntersuchungen im Rahmen des Monitorings für den Betrieb des Geschiebeumleitstollens der ewz Solis ergaben für die Restwasserstrecke Fischdichten pro Hektare von bis zu 1200 Forellen im unteren Bereich der Restwasserstrecke und bis zu 650 Individuen im oberen Abschnitt. Da dort zuvor über mehrere Jahre kein Fischbesatz mehr getätigt wurde, ist davon auszugehen, dass dieser Bestand mehrheitlich auf natürliche Fortpflanzung zurückzuführen ist. Diese Annahme wird durch das, insbesondere im unteren Abschnitt der Restwasserstrecke gute Angebot an Laichhabitat bestätigt. Der Bestand an Groppen ist im Vergleich dazu mit Dichten bis zu 20 Individuen pro Hektare eher bescheiden. Von der Seeforelle gab es anlässlich der Untersuchungen nur einen einzigen Nachweis. Die Restwasserstrecke der Albula weist von der Staumauer in Solis bis zur Wasserrückgabe der KHR in Sils i.D. eine Länge von rund 7 km auf und gehört mehrheitlich zur Ökomorphologiekategorie «natürlich». Die Strecke ist mit Ausnahme von zwei natürlichen Stromschnellen im Bereich der Mündung des Heidbachs über rund 6 km für Bachforellen durchgehend uneingeschränkt fischgängig. Die Durchgängigkeit der besagten Stromschnellen ist stark abhängig vom Geschiebeeintrag und der jeweiligen Verklausungen mit Schwemmh Holz an der Mündung des Heidbachs. Die Staumauer in Solis bildet ein unüberwindbares Hindernis. Ob die Restwasserstrecke in Bezug auf die Wassertiefe auch für Seeforellen durchgehend durchgängig ist, kann aufgrund der erwähnten Untersuchungen nicht beurteilt werden. Mit der Wiederherstellung der Durchgängigkeit beim Absturzbauwerk in Sils würde oberhalb eine beträchtliche Fließgewässerstrecke mit erheblichem Laichpotential für die aus dem Hinterrhein aufsteigenden Forellen erschlossen werden.

Der Gewässerabschnitt der Albula unterhalb des Absturzbauwerks weist ein ausgeprägtes Schwall-Sunk Abflussregime auf. Dieser Abschnitt ist in der ökomorphologischen Klasse 4 «naturfremd - künstlich» eingestuft. Rund 300 m unterhalb des Absturzbauwerks besteht eine sohlstabilisierende Betonschwelle und rund 600 m flussabwärts eine steilere Blocksteinschwelle. Die Betonschwelle dürfte in Abhängigkeit des Abflusses eine Absturzhöhe von wenigen Dezimetern bis zu einem halben Meter betragen. Bei Schwall-Betrieb bildet sie eine Stromschnelle. Die Blocksteinschwelle überwindet eine Höhendifferenz von rund 2 m. Die Durchgängigkeit der beiden Bauwerke wird vor allem bei Sunk-Betrieb als gegeben eingeschätzt. Bei Schwallbetrieb dürfte sie nur für schwimmstarke Fische passierbar sein.

### 3.4 Defizite der bestehenden Fischaufstiegshilfe (FAH)

Im Rahmen des Schlussberichts zur strategischen Planung werden bei der bestehenden Fischtreppe im Wesentlichen folgende Defizite festgestellt:

- Das Gefälle der Anlage und der Höhenunterschied zwischen den Becken werden als zu gross beurteilt.
- Zu grosse Leistungsdichte in den einzelnen Becken.
- Eingeschränkte Funktionsfähigkeit und starke Selektivität (Fischtreppe mutmasslich nur für adulte, schwimmstarke Forellen passierbar)

Die bestehende FAH wurde insgesamt als mangelhaft beurteilt.

### 3.5 Fischereibiologische Ziele

(ecowert gmbh)

In der Sanierungsanordnung werden für die Albula die Bach- und Seeforelle als Leitfischarten genannt. Als Begleitfischart kommt auch die Groppe vor.

- ➔ Mit einer funktionierenden Fischaufstiegshilfe würde die Längsvernetzung zwischen dem Hinterrhein und der Albula auf weiten Strecken verbessert. Dadurch würden ideale Laichgebiete für die natürliche Reproduktion der Bach- und Seeforelle besser zugänglich gemacht und einen ungehinderten Austausch zwischen den heute getrennten Fischpopulationen wieder ermöglichen.
- ➔ Im Rahmen der technischen Möglichkeiten sollen auch für die seltener vorkommende Groppe die Voraussetzungen für den Aufstieg mitberücksichtigt und verbessert werden. Als ausgesprochen bodenorientierte Fischart ist die Situation mit der Niveaudifferenz zwischen Tosbeckenboden und der Einstiegs-kante der geplanten Rampe nicht ganz einfach. Die Auffindbarkeit bzw. Erreichbarkeit soll jedoch verbessert werden, indem diese Höhendifferenz mit einer Sohlrampe ausgeglichen wird.

### 3.6 Betrieb Fischaufstiegshilfe

Grundsätzlich soll die neue Anlage den Fischaufstieg möglichst ganzjährig und permanent sicherstellen. Gemäss Abschnitt 2.3.8 der Checkliste: *Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken*, BAFU 2012 (Ref. [6]), muss die Funktionstüchtigkeit der Fischaufstiegshilfe an mindestens 300 Tagen pro Jahr gewährleistet sein ( $Q_{30}$  bis  $Q_{330}$ ). Bei Hochwasser ( $> Q_{30}$ ) und während Niederwasserperioden ( $< Q_{330}$ ) sind eine eingeschränkte Funktionsfähigkeit oder Unterbrüche zugelassen.

### 3.7 Hydrologische Bedingungen

Die Abflüsse in der Albula setzen sich im Normalzustand zusammen aus der Dotierwassermenge der Stauanlage der ewz in Solis (360 bis 570 l/s) und den natürlichen Zuflüssen aus dem Zwischeneinzugsgebiet (Stauanlage bis Schwelle Albula). Die für die technische, hydraulische und betriebliche Auslegung der Fischaufstiegsanlage massgebenden Abflussmengen an der Schwelle Albula liegen zwischen 0.770 m<sup>3</sup>/s (Q<sub>330</sub>) und 3.40 m<sup>3</sup>/s (Q<sub>30</sub>).

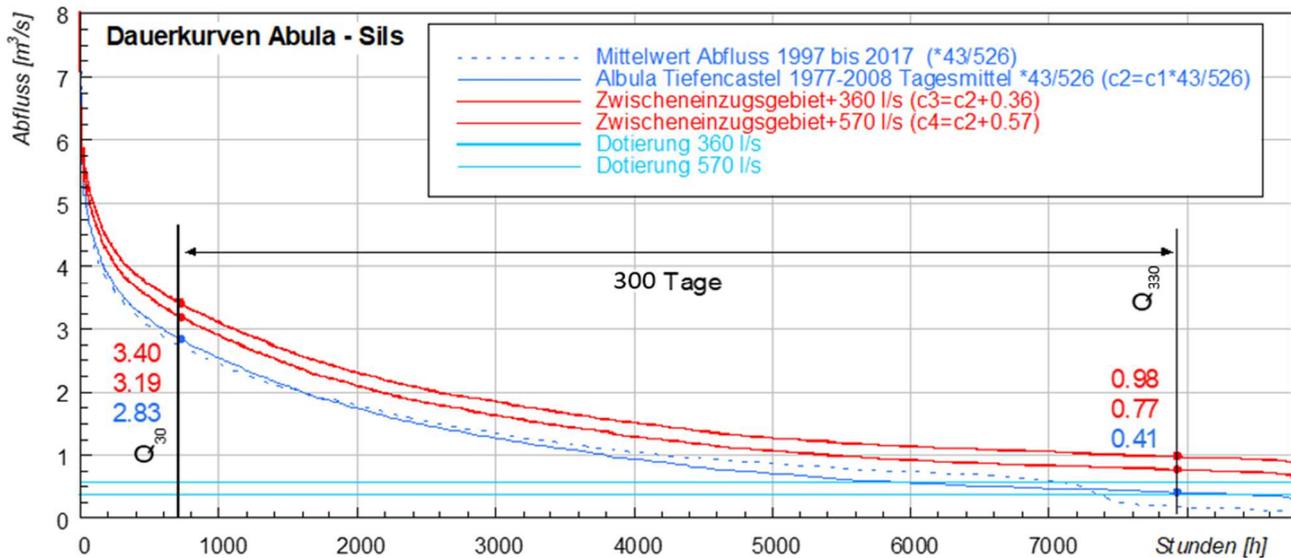


Abb. 2: Dauerabflusskurve der Albula an der Schwelle in Sils i.D.; ermittelt auf Basis der Abflussdaten der Albula in Tiefencastel, 1977-2008 und der festgelegten Dotierwassermengen an der ewz-Stauanlage in Solis

Die Wasserspiegellagen im Tosbecken unterhalb der Schwelle werden beeinflusst durch die Abflüsse in der Albula und im Unterwasser der Zentrale der KHR. Der tiefste Wasserstand herrscht bei abgeschalteten KHR-Anlagen und gleichzeitiger Minimaldotation an der Stauanlage Solis und konnte mit ca. 665.30 m ü.M. ermittelt werden. Im Hinblick auf eine permanente hydraulische Anbindung ist die neuen Fischaufstiegsanlage auf diese Kote auszulegen.

Die zu überwindende hydraulische Höhendifferenz zwischen dem Tosbecken und dem Albulagerinne beträgt rund 2.7 m.

### 3.8 Hochwasserschutz

Das Albulagerinne, das Absturzbauwerk sowie die linksseitigen Hochwasserleitmauern sind auf ein 1'000-jähriges Hochwasser ausgelegt. Die neue Fischaufstiegshilfe und alle dazugehörigen Massnahmen (Sohlenanpassungen, Blockverbauungen, Zufahrtsrampe etc.) müssen so konzipiert und geplant werden, dass diesbezüglich keine Einschränkung entsteht.

## 4 Ermittlung der Bestvariante

Im Rahmen eines Variantenstudiums (siehe Ref. [5]) wurden insgesamt sechs grundsätzlich denkbare Lösungsansätze aufgezeigt und untersucht. Die Varianten «Fischschleuse» und «naturnahes Umgehungsgewässer» wurden aufgrund der gegebenen Randbedingungen nicht ins Variantenstudium aufgenommen.

Die Eliminierung des Wanderhindernisses und damit der Rückbau der bestehenden Schwelle wurde ebenfalls abgehandelt. Es wurde aufgezeigt, dass mit dem Betrieb und Fortbestand der Kraftwerksanlagen in Sils i.D. nicht auf dieses sohlenstabilisierende Bauwerk verzichtet werden kann.

### 4.1 Bestvariante

Als Ergebnis des Variantenstudiums wurde die **Optimierung der bestehenden FAA in Form einer teilgewässerbreiten, rauen Blockrampe** als Bestvariante empfohlen. Der entsprechende Bericht wurde im Oktober 2018 an das Amt für Jagd und Fischerei (AJF) des Kantons Graubünden eingereicht. Nach einer Vernehmlassung bei den kantonalen Fachstellen und den Umweltschutzorganisationen wurde der Vorschlag durch das AJF im Grundsatz gutgeheissen. Im Rahmen eines Vorprojekts wurde die Lösung konkretisiert und deren Machbarkeit im Detail untersucht ((Ref. [6])). Mit der Stellungnahme vom 11. November 2019 hat das AJF das Vorprojekt kommentiert und die Ausarbeitung des Ansatzes der rauen Blockrampe im vorliegenden Bauprojekt freigegeben.

## 5 Fischaufstiegsanlage

### 5.1 Positionierung der FAH am Aufstiegshindernis / Auffindbarkeit

Das Verhältnis der Abflüsse aus dem Unterwasserkanal der KHR-Zentrale und aus der Albula verändert sich je nach Betriebszustand. Dementsprechend variiert auch die Hauptströmung und deren Ausprägung im Bereich des Zusammenflusses. Insbesondere bei tiefen Albula-Abflüssen und gleichzeitig hoher Stromproduktion im Kraftwerk besteht die Gefahr einer Fehlleitung für die aufsteigenden Fische in Richtung Unterwasser der KHR-Anlagen. Der Unterwasserkanal ist allerdings sehr kurz und die Fließgeschwindigkeit bei Betrieb sehr gross, was die Fische wiederum daran hindert weit in den Unterwasserkanal einzudringen. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Fische den Einstieg in die Albula zeitweise suchen müssen oder nach einer Veränderung der Verhältnisse verzögert finden. Es handelt sich dabei um eine grundsätzliche Problematik, welche unabhängig des Wanderhindernisses in der Albula besteht und sich aufgrund der Gegebenheiten nicht lösen lässt.

Die festgelegte Bestvariante zur Verbesserung des Fischaufstiegs am Absturzbauwerk in der Albula sieht den Komplettneubau einer teilgewässerbreiten, rauen Blockrampe im Bereich der heutigen Fischtreppe am linken Ufer vor. Mit der teilgewässerbreiten Blockrampe wird der Restwassersituation (ab Staumauer Solis) Rechnung getragen. Bei einer Vollrampe wären die Fliesstiefen zu klein, bzw. es müsste eine ausgeprägte Niederwasserrinne in der Ausprägung der vorgeschlagenen Teilrampe erstellt werden. Zusätzlich zu den baulichen Vorteilen (Teilnutzung des bestehenden Kanals, Reduktion der erforderlichen Abbrüche und Anpassungen an der Schwelle) ist dieser Standort auch aus hydraulischer Sicht und bezüglich der Funktionsfähigkeit richtig. Im Anschluss an das Tosbecken des Absturzbauwerks lagert sich auf der rechten Gewässerseite (Kurveninnenseite) regelmässig Geschiebe ab und bildet eine relativ stabile Kiesinsel (4). Unter Normalbedingungen befindet sich der Ausfluss aus dem Tosbecken an der linken Ufermauer und die Hauptströmung mit den grössten Abflusstiefen befindet sich konstant in diesem Bereich, also in der direkten Verlängerung der Fischaufstiegshilfe.



**Abb. 3:** Übersicht Zusammenfluss und Anordnung der neuen FAH  
(1: Schwelle Albula / 2: Tosbecken / 3: Unterwasserkanal KHR / 4: Geschiebeablagerungen /  
5: Einstieg neue FAH / 6: Achse neue FAH / 7: Ausstieg neue FAH)

Die Fischaufstiegshilfe wird so ausgelegt, dass die Albula-Abflüsse zwischen  $Q_{330}$  und  $Q_{30}$  unter Normalbedingungen vollständig in der teilgewässerbreiten Blockrampe abfliessen. Im Tosbecken sind demnach üblicherweise keine Konkurrenz- oder Störströmungen vorhanden und die lokale Auffindbarkeit der FAH für die in die Albula eingeschwommenen Fische ist optimal.

Die neue Blockrampe liegt in der Achse der bestehenden Fischtreppe und weist eine Länge von gut 70 m auf. Der Ausstieg befindet sich am linken Albula-Ufer.

## 5.2 Bemessungsgrundlagen

Neben der *Checkliste Best practice zur Wiederherstellung der Fischeauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken* (Ref. [3]) ist in der Schweiz insbesondere das *DWA-Merkblatt M-509* als Richtschnur für die Dimensionierung von Fischeaufstiegshilfen anerkannt. Die DWA ist ein Regelwerk, welches in erster Linie für die Planung von Anlagen an mittleren und grösseren Fließgewässern in Deutschland erarbeitet wurde. Sie bildet damit eine gute Basis für Projekte an Schweizer Mittellandgewässern, für vor- und inneralpine Gebirgsflüsse und -bäche ist sie allerdings nur bedingt geeignet. Die topografischen, hydrologischen und hydraulischen Gegebenheiten an Gebirgsflüssen aber auch die Eigenschaften der hiesigen Fischfauna sind nicht berücksichtigt. Die Hauptproblematik besteht darin, dass eine vollständige Umsetzung von Fischeaufstiegshilfen nach DWA an einem Gewässer wie beispielsweise der Albula in Sils i.D. Anlagen ergeben würden, die bezüglich deren Abmessungen, Umsetzbarkeit und schliesslich auch deren Kosten als unverhältnismässig bezeichnet werden müssen. Dieser Umstand wurde bei verschiedenen Gelegenheiten (Fachtagungen; z.B. ERFA Fischwanderung 2019 / Kursen etc.) thematisiert, ist bekannt und auch anerkannt.

Spezifische Regelwerke bzw. Grundlagen für den Bau von Fischwanderhilfen an Gebirgsflüssen sind gegenwärtig nicht vorhanden und – gemäss unserem Kenntnisstand – vorderhand auch nicht absehbar. Aus diesem Grund wurde im vorliegenden Fall zusammen mit dem kantonalen Amt für Jagd und Fischerei beschlossen, dass sich die Dimensionierung und Ausgestaltung der Fischeaufstiegshilfe zwar grundsätzlich an den DWA-Bemessungswerten orientieren soll, gleichzeitig aber auch den Charakter eines Gebirgsbachs berücksichtigen muss. In diesem Sinne sind die nachfolgend dargestellte Dimensionierung und Gestaltung als Kompromiss zu verstehen, mit welchem die Verhältnismässigkeit gewahrt bleibt.

Im vorliegenden Zusammenhang wird der Charakter von inneralpinen Gebirgsflüssen oder -flüssen so verstanden, dass sich diese insbesondere bezüglich der Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Leistungsdichten stark von Mittellandflüssen oder mittleren und grossen Gewässern in Deutschland unterscheiden. Die Fischwanderwege und -lebensräume sind in ihrem natürlichen Zustand gekennzeichnet durch stark in ihrer Struktur und Geometrie variierende Bereiche. Ruhige Gewässerabschnitte mit moderaten Fließgeschwindigkeiten und grösseren Wassertiefen sind ebenso zu finden wie Abschnitte mit grösserem Gefälle, kleineren und grösseren Abstürzen, Engstellen, Schluchstrecken, höheren Fließgeschwindigkeiten und stark variierenden Wassertiefen mit teilweise hoher Leistungsdichte. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die Funktionalität einer Fischeaufstiegsanlage auch dann gegeben ist, wenn deren hydraulischen und geometrischen Verhältnisse nicht vollständig den verfügbaren Empfehlungen entsprechen.

Im Weiteren dienen auch bereits realisierte Blockrampen im Kanton Graubünden (beispielsweise an den Flüssen Landquart, Inn, Plessur und Dischmabach) und die dort gemachten Erfahrungen sowohl bezüglich deren Dimensionierung, Gestaltung, und Realisierung als auch bezüglich der hydraulischen Verhältnisse und deren Funktion als Fischwanderkorridor als Grundlage für das vorliegende Projekt.

## 5.3 Entwurf und Bemessung

Die festgelegte Bestvariante sieht eine teilgewässerbreite Aufstiegsrinne in Form einer rauen Blockrampe vor. Die geometrischen Abmessungen und die Gestaltung der Blockrampe richten sich nach der grössten vorkommenden Fischart. Im vorliegenden Fall ist dies die Seeforelle.

Die Blocksteine sind einerseits so anzuordnen, dass in jedem Querschnitt mindestens eine Aufstiegsöffnung eine Schlitzbreite von  $> 35$  cm aufweist (analog zur minimalen Schlitzbreite für die Seeforelle in einem Vertical-Slot). Die Belegungsichte der Blocksteine ist andererseits so zu wählen, dass die Wassertiefen  $0.42$  m (Grenzwert nach DWA Tab. 16) möglichst nicht unter- und die max. Fließgeschwindigkeiten  $1.5$  m/s (Grenzwert nach DWA Tab. 19) nicht überschreiten. Für die Leistungsdichte werden die Grenzwerte für die Äschen- (Seeforelle...) und die Forellenregion mit  $250$  bis  $300$  W/m<sup>3</sup> angegeben.

Die raue Blockrampe wird so konzipiert, dass die gesamte Abflussmenge der Albula bis mindestens zum  $Q_{30}$  ( $3.4$  m<sup>3</sup>/s) vollständig in der Aufstiegsrinne abfliessen kann. Die Grenzwerte nach DWA sollen zumindest im Betriebsbereich ( $Q_{330}$ - $Q_{30}$ ) möglichst eingehalten sein.

Die technischen Daten für die teilgewässerbreite raue Blockrampe können wie folgt zusammengefasst werden:

Wasserspiegel am Einlauf (Gerinne Albula):	ca. 668.00 – 668.60 m ü.M. ( $Q_{330} - Q_{30}$ )
Min. Unterwasserspiegel:	ca. 665.30 m ü.M. (bei Niederwasser in der Albula und abgestelltem Kraftwerk)
Höhendifferenz:	ca. 2.70 m
Rinnenbreite:	4.00 m
Min. Schlitzweite (s):	0.35 m
Längsgefälle:	4.50 %
Totale Länge der Rampe:	ca. 72 m

Eine genaue Berechnung der hydraulischen Parameter in einer rauhen Blockrampe ist aufgrund deren geometrischer Komplexität sehr aufwändig (teilweise nur mit 2D-Modellierungen möglich) und soll im Ausführungsprojekt erfolgen. Näherungsweise lassen sich im Rahmen des vorliegenden Bauprojekts unter Annahme einer Gesamtbreite aller Abfluss- bzw. Aufstiegsöffnungen im Betrachtungsquerschnitt von 1 m für den Betriebsbereich ( $Q_{330}-Q_{30}$ ) Wassertiefen zwischen ca. 0.44 und 1.0 m ( $> h_{\text{Grenz}} = 0.42$  m) ermitteln. Die maximale Fließgeschwindigkeit in den Engstellen beträgt ca. 1.3 m/s und ist damit kleiner als  $v_{\text{Grenz}} = 1.5$  m/s.

Die grob ermittelte Leistungsdichte liegt zwischen ca. 260 und 450 W/m<sup>3</sup> und damit teilweise über den empfohlenen Grenzwerten.

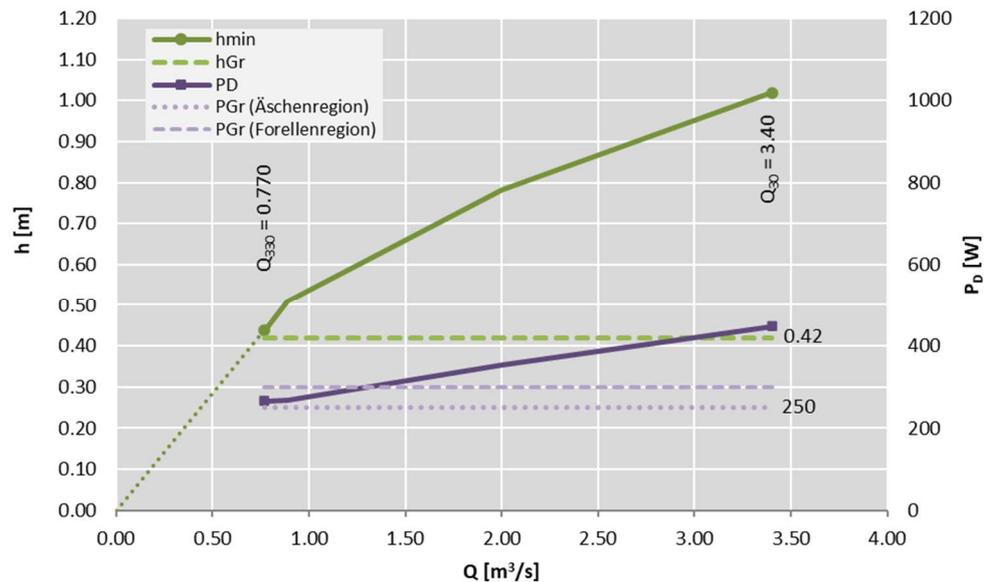


Diagramm 1: geschätzte Wassertiefen und Leistungsdichte in der rauhen Blockrampe ( $Q_{330}-Q_{30}$ ); Grenzwerte nach DWA

## 5.4 Ausgestaltung

Pläne Nr. 7087.2-011 und -012

Die teilgewässerbreite raue Blockrampe wird in einer Rinne erstellt. Die Seitenwände der Rinne werden durch betonierte Blocksteinmauern gebildet. Die betonierten Fugen werden für einen möglichst rauhen Fischaufstieg und für die Minimierung der Abrasion der Fugen zurückversetzt angeordnet. Einzig im Einstiegsbereich ( $L = \text{ca. } 5$  m) werden die Seitenwände betoniert (Anschluss an das bestehende Schwellenbauwerk) und mit einer Stahlpanzerung als Abrasionsschutz versehen.

Die Sohle der Rinne weist ein Gefälle von 4.5 % auf. Die Oberkante der seitlichen Blocksteinmauern kommt auf der gesamten Länge über die bestehende Gewässersohle zu liegen, so dass die Albula-Abflüsse im Normalfall vollständig in der Rinne abfließen. Ein seitlicher Überfall aus der Albula und damit eine Störung der hydraulischen Verhältnisse in der Aufstiegsrinne soll weitgehend unterbunden werden bzw. nur bei Hochwasserereignissen eintreten.

Die Einstiegs-kante in die Rinne wird 2.20 m über der Sohle bzw. ca. 1.50 m unter dem tiefsten beobachteten Wasserspiegel im Tosbecken angeordnet. Zur Einstiegs-kante hin wird eine Sohlrampe mit Blocksteinen erstellt. Die deltaförmige Sohlenanbindung fördert die Auffindbarkeit der Aufstiegshilfe, was auch der sohlorientierten Groppe entgegen-

kommt. Auf den ersten rund 10 m steigt die Rinnensohle mit rund 10 % an, anschliessend beträgt die Steigung bis zum Ausstieg konstant 4.5 %. Die Einstiegs-kante und der folgende 10 % steile Rampenabschnitt sind grundsätzlich immer eingestaut. Mit dem 10 % steilen Abschnitt kann das Volumen der Sohlrampe (Anbindung) im Tosbecken minimiert werden, so dass die Energieumwandlung nicht wesentlich reduziert wird.

Die Sohlenstruktur der rauen Blockrampe wird durch Blocksteine gebildet, welche aus Stabilitätsgründen, hinsichtlich einer beständigen Geometrie und Hydraulik sowie aus unterhaltstechnischen Gründen in einer unbewehrten Schicht aus abrasionsbeständigem Beton versetzt werden. Es sind formwilde Granitsteine mit einem Gewicht von 2.5 bis 3.5 t bzw. einem Volumen von ca. 1.0 bis 1.3 m<sup>3</sup> pro Stein zu verwenden. Die Blöcke werden ca. 0.40 m in den Beton eingelassen und sollen mit einer gewissen Varianz zwischen ca. 0.40 und 0.80 m über die Sohle hinausstehen. Einzelne Steine sind hochkant zu versetzen. Die Betonschicht wird mit einem beidseitigen Gefälle von 30 cm von den Seitenwänden zur Rinnenachse eingebracht. Damit kann sich innerhalb der Aufstiegsrinne eine Niederwasserrinne ausbilden, welche auch bei Abflüssen < Q<sub>330</sub> noch eine genügende Wassertiefe aufweist. Die Platzierung der Steine muss während dem Einbau so definiert werden, dass die hydraulischen Bedingungen gem. Kap. 5.3 erreicht werden. Die Schlitzweiten dürfen bzw. sollen dabei variieren. Auf der gesamten Länge der Fischaufstiegsanlage (inkl. Ausstiegsbereich) muss allerdings mindestens ein durchgehender Korridor mit einer Breite von > 35 cm vorhanden sein. Kleinere Schlitzbreiten insbesondere im Randbereich (geringere Wassertiefe) bieten auch schwimmschwächeren Arten bzw. Altersklassen gute Aufstiegsbedingungen.

Durch die gewählte Masse und das Einbetonieren der Blocksteine weist die FAH eine hohe Stabilität in der Sohle bzw. in deren Struktur auf. Durch den starken Geschiebetrieb und das Schwemmholz ist das Bauwerk gleichwohl einer starken Belastung ausgesetzt. Eine hohe Abrasionsbeständigkeit ist deshalb im Hinblick auf eine möglichst langfristige und konstante Funktionalität essenziell.

Bei der Konzipierung der FAH - insbesondere der Aufstiegsrinne - wurden diesbezüglich verschiedene Varianten untersucht und letztlich die Lösung mit den Blocksteinmauern (betoniert) gewählt. Eine Alternative wäre die Erstellung der seitlichen Rinnenwände in normalem, bewehrtem Konstruktionsbeton mit einer Stahlpanzerung als Abrasionsschutz. Diese Variante wäre allerdings baulich wesentlich aufwändiger und deutlich teurer. Insbesondere die Kosten für die grossflächige Stahlpanzerung fallen dabei stark ins Gewicht. Eine weitere Möglichkeit wäre die Ausführung der Seitenwände mit einem speziellen, abrasionsbeständigem Beton. Auf einen zusätzlichen Abrasionsschutz könnte in diesem Fall verzichtet werden. Die Kosten wurden aber auch für diese Lösung deutlich höher geschätzt als für das nun gewählte Konzept.

Die Ausstiegs-kante der Rinne wird rund 0.50 m unter der heutigen Gewässersohle angeordnet. Damit soll sichergestellt werden, dass die Abflüsse der Albula mindestens bis zum Q<sub>30</sub> vorzugsweise in die FAH einfließen. Im Einlaufbereich wird ein trichterförmiger Blocksteinteppich in der Albulasohle versetzt. Im Trichterbereich wird der Steinraster (Schlitzbreiten) aus der Blockrampe übernommen und dann weiter bachaufwärts langsam ausgedünnt.

Die Gestaltung des Einlaufbereichs und insbesondere der Übergang zur ursprünglichen Albulasohle ist während der Ausführung vor Ort festzulegen.

Im Übergangsbereich beim Ausstieg (Einlauftrichter) entsteht auf einer Länge von rund 15 m zunächst ein Sohlengefälle von rund 4 %. Das heutige Gefälle der Albula beträgt ca. 1 %. Es wird davon ausgegangen, dass sich mit der gewählten Blockbelegung mittel- bis langfristig bachaufwärts ein Sohlengefälle von ca. 2 % einstellen wird und lokal eine Eintiefung von bis zu 0.2 m entsteht. Die Blocksteine werden in diesem Bereich aber so versetzt bzw. fundiert, dass diese Eintiefung keinen Einfluss auf deren Stabilität haben sollte.

Das Verhalten der Gewässersohle und der Struktur und die hydraulischen Bedingungen im Übergangs- bzw. Einlaufbereich zur FAH müssen nach der Inbetriebnahme weiter beobachtet werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass nach einer gewissen Zeit Interventionen nötig sind, um die Verhältnisse zu optimieren und die Anlage definitiv fertigzustellen. Die Blocksteine sind in diesem Bereich nicht einbetoniert, sondern in die bestehende Gewässersohle gesetzt. Allfällige Anpassungen und Ergänzungen der Blockbelegung sind damit mit überschaubarem Aufwand möglich.

Entlang der linken Rinnenmauer ist der Böschungsfuss mit einem Blocksatz zu sichern. Auf der rechten Seite der Rinne wird ein Blockvorbau erstellt, welcher die Albulasohle stabilisiert und ein Eintiefen entlang der Rinne verhindert.

## 6 Zufahrtsrampe

Pläne Nr. 7087.2-011 und -012

Im Hinblick auf die Bauphase und den späteren Unterhalt der Fischaufstiegsanlage muss eine permanente Zufahrtsmöglichkeit für Transport- und Baumaschinen in den Gewässerbereich der Albula geschaffen werden.

Aufgrund der bestehenden Bauten und hinsichtlich des Bauvorgangs ist eine Erschliessung der Baustelle bzw. später der FAH aus östlicher Richtung anzustreben. Mit den bestehenden Zufahrten über das KHR-Areal, aus topografischen Gründen (geringste Böschungshöhe) und aufgrund der Platzverhältnisse stellt eine Zufahrtsrampe auf der linken Albulaseite die technisch beste Lösung mit dem geringsten baulichen Eingriff dar. Eine Zufahrt auf der rechten Albulaseite wäre wegen der geltenden Gewichtsbeschränkung an der bestehenden Kabelbrücke (25 to) und aufgrund der Topografie nur eingeschränkt möglich.

Das Gelände östlich des Kraftwerks der KHR ist flach und gut erschlossen. Das Wiesland wurde bereits bei früheren Bauvorhaben als Installationsfläche genutzt und weist einen verstärkten Untergrund auf.

Für die Erschliessung des Gewässers wird eine Zufahrtsrampe erstellt. Die Rampe wird als befestigtes Bauwerk in die bestehende Uferverbauung der Albula integriert und weist eine Steigung von ca. 12 % auf. Im Hinblick auf die Stabilität (insbesondere bei Hochwasserereignissen) wird die Fahrbahn (B = 3.50 m) betoniert. Der bestehende Blockwurf wird im Bereich der Rampe zurückversetzt und in der heutigen Art wiederaufgebaut. Es entstehen keine Einbauten ins Gewässer, welche dessen Abflusskapazität und die Hochwassersicherheit verringern würden. Die neuen Böschungsabschnitte werden mit Ufergehölze bepflanzt und damit stabilisiert.

Der gesamte Erschliessungsbereich liegt vollständig in der Parzelle 608 der KHR und ist gemäss Zonenplan als «Wald» bzw. «Kraftwerkzone» ausgeschieden.

## 7 Wirkungskontrolle

(ecowert gmbh)

### 7.1 Ziel

Um eine Wirkungskontrolle effektiv zu planen, sind die Sanierungsziele zu definieren. Die fischbiologischen Sanierungsmassnahmen an der Schwelle in Sils i.D. zielen in erster Linie darauf ab, die freie Fischwanderung (Durchgängigkeit) für Bach- und Seeforelle in der Albula zu verbessern bzw. wiederherzustellen. Die Erneuerung der Fischaufstiegshilfe schafft die Voraussetzung für die natürliche Besiedlung des Oberlaufs der Albula und fördert die natürliche Reproduktion für Bach- und Seeforellen, in geringerem Ausmass auch für Groppen. Dies bedingt, dass das Bauwerk eine schonende (verletzungsfreie) und nicht selektive Durchgängigkeit sowohl für den Fischauf- als auch den Abstieg der Bachforellen gewährleisten muss (während mind. 300 Tagen im Jahr).

### 7.2 Fragestellung

Basierend auf den Sanierungszielen wurden für das Monitoring folgende Leitfragen definiert:

- *Werden die erforderlichen technischen Parameter (Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe etc.) in der Praxis in genügendem Masse eingehalten? (technische Funktionalität)*
- *Wird die Wanderhilfe von den Forellen aufgefunden und als solches wahrgenommen? (Auffindbarkeit)*
- *Wird das Fischwanderhindernis mit der Sanierungsmassnahme von Fischen überwunden? (Durchgängigkeit)*
- *Werden beim Überwinden des Wanderhindernisses bestimmte Alters- bzw. Längensklassen bevorzugt? (Selektivität)*

### 7.3 Konzept

In der Schweiz existiert noch kein standardisiertes Verfahren zur Durchführung und Bewertung von Massnahmen zur Wiederherstellung der freien Fischwanderung. Das im Jahr 2016 vom BAFU in Auftrag gegebene «Handbuch zur Wirkungskontrolle von Fischaufstiegshilfen (FAH) und Fischabstiegshilfen (FABH)» wurde noch nicht veröffentlicht und liegt bisher nur als «Praxishilfe» vor (Zaugg, et al., 2016). Gemäss dieser Praxishilfe sind grundsätzlich für jede sanierte Anlage eine technische und biologische Wirkungskontrolle durchzuführen. In begründeten Fällen kann auf die biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden. Dies trifft z.B. für konventionelle Schlitzpässe zu, in denen die gesamte Dotier- oder Restwassermenge durchgeleitet wird. Auch wenn die vorliegende Lösung mit einem Raugerinne einem Schlitzpass nahekommt und Abflüsse mindestens bis zu rund 3.4 m<sup>3</sup>/s vollständig im Raugerinne abfliessen, unterscheidet sie sich dennoch von einem Schlitzpass mit einer konstanten Durchflussmenge. Die biologische Wirkungskontrolle kann in diesem Fall die Erkenntnisse aus der technischen Wirkungskontrolle ergänzen, bestätigen oder auch widersprechen.

Bei Blockrampen müssen keine biologischen Wirkungskontrollen betreffend den Fischabstieg durchgeführt werden.

Im Rahmen des technischen Monitorings ist die Funktionalität der FWH hinsichtlich der errechneten Grenzwerte (Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Höhenunterschiede, etc.) aufzuzeigen und darzulegen, ob diese in der Praxis eingehalten werden und damit eine Wanderung überhaupt ermöglicht wird. Im darauffolgenden biologischen Monitoring soll geprüft werden, ob die Sanierungsziele bezüglich biologischer Parameter (Auffindbarkeit, Durchgängigkeit, Selektivität und Fischschutz) erfüllt werden.

#### 7.3.1 Technische Wirkungskontrolle

Nach der Bauausführung sind in einer ersten Phase sämtliche technische Elemente und Parameter der Fischwanderhilfe auf ihre Funktionalität in der Praxis zu prüfen. Mit diesem Vorgehen ist aufzuzeigen, dass die technischen Voraussetzungen für eine biologische Funktionalität gegeben sind.

Die für die Durchgängigkeit massgebenden Parameter (Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe) können insbesondere im Bereich der Abflüsse  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  kritische Werte aufweisen. Weil die Ausgestaltung der Raugerinne variiert, stark von den gelieferten Blöcken abhängt und kaum Erfahrungswerte betreffend den resultierenden hydraulischen Parameter und der Funktionalität vorhanden sind, wird ein kombiniertes Monitoring im Sinne einer Pilotstudie empfohlen. Einerseits sollen die hydraulischen Parameter des ausgeführten Bauwerks flächendeckend rechnerisch bestimmt und andererseits im Feld stichprobenartig erhoben und mit den Simulationsresultaten verglichen werden. Aus diesen Überlegungen heraus wird empfohlen, die Erhebung der technischen Messgrössen im Feld auf den abflussreichen Frühling

(Mai; Schneeschmelze) bzw. abflussarmen Winter (Februar) zu legen.

Folgende Parameter (vgl. Tabelle 1: Im Rahmen der technischen Wirkungskontrolle zu erhebende Parameter) sind im Rahmen der technischen Wirkungskontrolle zu erheben und die erhobenen Daten in einem Protokoll festzuhalten.

*Tabelle 1: Im Rahmen der technischen Wirkungskontrolle zu erhebende Parameter*

Zu erhebende Messgrößen	Methode
Fliesstiefen und Fließgeschwindigkeiten für verschiedene Abflüsse (flächendeckend)	Aufnahme des Bauwerks mit einer Drohne vor Inbetriebnahme und Modellierung der hydraulischen Parameter Fliesstiefe und Fließgeschwindigkeit mit einem 2D-Modell
Einlaufsituation in die Rinne oben, vollständig bis zu einem Zufluss von ca. 3.4 m³/s	Visuelle Kontrolle kombiniert mit stichprobeweise Abflussmessung (Salzverdünnungsmethode)
Sedimentablagerungen im Bereich des oberen Einlaufes	Visuelle Beurteilung der Einlaufbereiche
Hindernisfreier Durchfluss in der gesamten Sohletrinne	Visuelle Beurteilung
Fließgeschwindigkeit im Querschnitt von verschiedenen Schlitzbreiten zwischen den Blöcken bzw. zwischen Block und Aussenwand (Verifikation des Modells)	Messung Fließgeschwindigkeit (Flügelrad, ADCP) kombiniert mit stichprobeweise Abflussmessung (Salzverdünnungsmethode)
Wassertiefe im Längsverlauf der Sohletrinne an mindestens 10 Stellen	Messen der Wassertiefe
Einstieg in die Rinne unten, freier Zugang, allfällige Geschiebeablagerungen im Tosbecken	Visuelle Beurteilung

### 7.3.2 Biologische Wirkungskontrolle

Die hier gewählte FAH ist bezüglich ihrer Funktionsweise ein Raugerinne und kann näherungsweise mit einem Schlitzpass verglichen werden. Daher kann auch die Funktionalität mit den erwähnten gängigen Methoden verglichen werden.

Um die Funktion der Anlage nachzuweisen und Erfahrungen für weitere Anlagen dieses Typs zu gewinnen, wird folgendes biologisches Monitoring vorgeschlagen. Zur Klärung der unter Kap. 7.2 definierten Leitfragen werden die in der Tabelle 2 aufgeführten Messgrößen mit den entsprechenden Methoden aufgenommen.

*Tabelle 2: Im Rahmen der biologischen Wirkungskontrolle zu erhebende Parameter*

Zu erhebende Messgrößen	Methode
Auffindbarkeit und Durchgängigkeit	Fischmarkierung (PIT-Tagging)
Selektivität	Fischmarkierung (PIT-Tagging)
Durchgängigkeit für Seeforellen	Feldbeobachtung/ Laichplatzkartierung (sofern Präsenz von Seeforellen festgestellt werden kann)

Das Monitoring wurde so ausgelegt, dass mit den gewählten Methoden sämtliche biologischen Fragestellungen abgehandelt werden können. Durch das Markieren von Fischen (PIT-Tagging) und dem an der Anlage installierten automatischen Erfassungssystem können Rückschlüsse bezüglich der Fischwanderung gezogen werden.

Für die automatische Detektion der Fische sind vorgängig an das eigentliche Monitoring beim Einstieg und am oberen Ende der Aufstiegsrinne jeweils eine Antenne sowie eine elektronische Messeinheit anzubringen.

Für das Monitoring werden in der Albula oberhalb der Schwelle Bachforellen gefangen, vermessen und markiert. Um Rückschlüsse bezüglich selektiver Durchgängigkeit der FAH zu ziehen, ist bei der Markierung zwingend darauf zu achten, dass eine hohe Bandbreite von Längen- bzw. Altersklassen berücksichtigt wird.

Für die Seeforelle kann die Methode nicht angewendet werden, weil dafür die erforderliche Population an wandernden Laichfischen zurzeit nicht vorhanden ist. Sollten sich jedoch in Zukunft zur Laichzeit vermehrt Seeforellen in der Albula einfinden, so ist es auch ohne Markierung relativ einfach festzustellen, ob die Laichfische oberhalb der FWH laichen. Sei dies durch direkte Beobachtung der Seeforellen auf den Laichplätzen oder durch gezielte Kartierung der Laichplätze, welche sich in der Ausdehnung von denen der Bachforelle deutlich unterscheiden lassen.

Die oberhalb der Schwelle gefangenen Bachforellen werden mittels passiver Transponder (PIT-Tags) markiert und unterhalb wieder ausgesetzt. Bedingt durch die bei den Bachforellen ausgeprägte Standorttreue versuchen sie so rasch wie möglich an ihren angestammten Standort zurückzukehren (Homing). Dazu müssen sie die FAH durchschwimmen.



Abb. 4: Beispiele von HDX-PIT-Tags unterschiedlicher Grösse

Passiert ein Fisch in der FAH die installierten Antennen wird ein Signal ausgelöst und gespeichert. Aufgrund der eindeutigen ID-Nr. und der zeitlichen Abfolge der Signale, lassen sich Rückschlüsse bezüglich Wanderrichtung, Anzahl Wanderungen und Auffindbarkeit ziehen.

Der zeitliche Ablauf der biologischen Wirkungskontrolle sieht vor, dass die Installation der Anlage, die Befischung im Oberwasser, die Markierung sowie der Aussatz im Unterwasser im August erfolgen soll. Das Monitoring beginnt mit dem Aussatz der besenderten Fische. Die Monitoringeinrichtung (Antennen, Auslesegeräte) sollen anschliessend für die Dauer eines Jahres installiert bleiben und betrieben werden. Bei Hochwasserereignissen sind die Antennen zu schützen oder gegebenenfalls kurzzeitig auszubauen.

Über dieses automatische Detektionsverfahren lassen sich Daten über einen langen Zeitraum verhältnismässig kostengünstig erheben. Erhoben werden jedoch nur vorgängig markierte Fische.

Die im Rahmen der technischen und biologischen Wirkungskontrolle durchgeführten Messungen und Aufnahmen sind in einem Protokoll festzuhalten. Die Auswertung und Interpretation der Daten sind in einem Schlussbericht darzulegen.

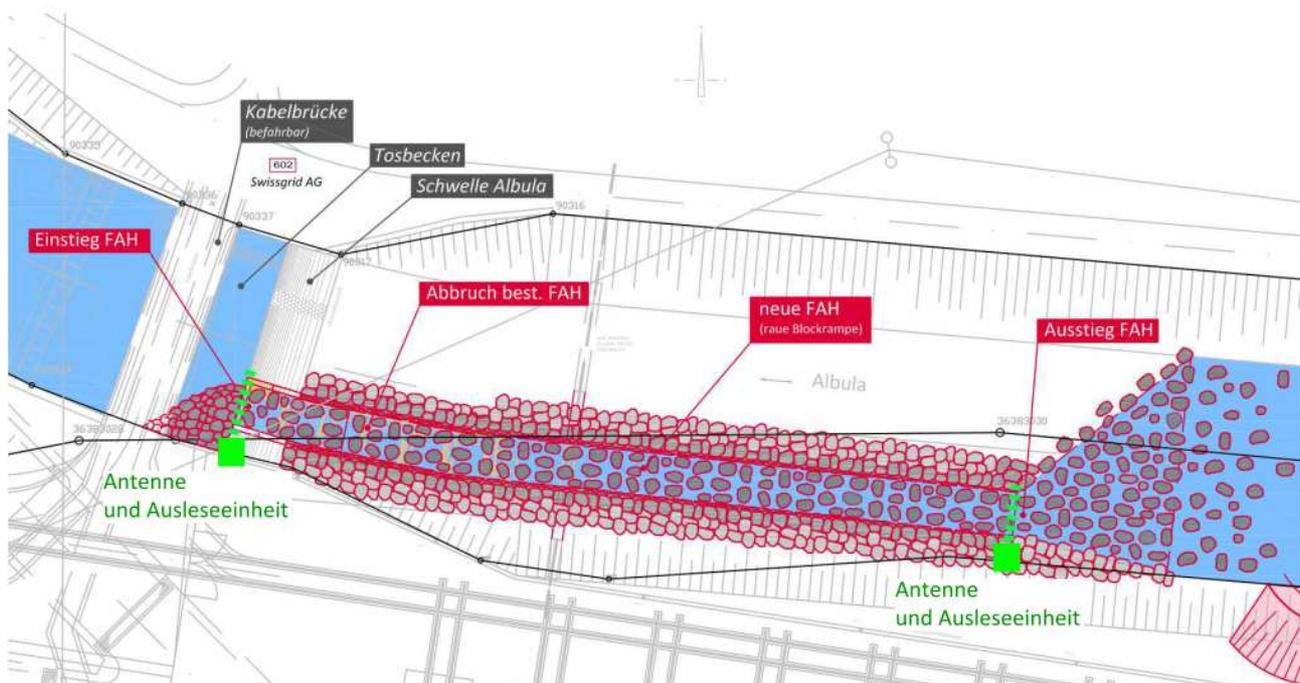


Abb. 5: Neue Fischaufstiegshilfe (Grundriss) mit Standort der Antennen und der Ausleseeinheiten

## 8 Unterhaltskonzept

Grundsätzlich sind alle relevanten Bereiche der Fischwanderhilfe im Rahmen von Routinekontrollen in regelmässigen Abständen zu prüfen, wobei die Kontrollen je nach Situation und Jahreszeit (Totholz, Geschiebe) nicht immer gleich detailliert stattfinden müssen.

Während der Routinekontrollen sind besonders der obere Einlauf, die Sohleitrinne auf allfällige Verklausungen und der untere Einstiegsbereich auf allfällige Geschiebeablagerungen zu prüfen.

Bei besonderen Situationen wie Hochwasserereignissen im Sommerhalbjahr sind situativ bedingt mehr Kontrollgänge notwendig. Die Häufigkeit dieser Kontrollen hängt von der Dauer und dem Ausmass der Ereignisse ab. Nach einem Hochwasserereignis reicht normalerweise ein einmaliger Kontroll- und Reinigungsgang. Bei der Abarbeitung einer Checkliste werden allfällige Defizite aufgenommen, protokolliert und entsprechende Massnahmen eingeleitet.

## 9 Umweltaspekte

### 9.1 Geschiebe

Die Albula ist ein stark geschiebeführendes Gewässer. Mit der geplanten Änderung des Betriebs des Umleitstollens bei der Staumauer Solis (ewz) muss gegenüber den letzten Jahrzehnten mit einem verstärkten Geschiebeaufkommen in Sils i.D. gerechnet werden.

Die neue Fischaufstiegshilfe wird als abgetiefte Rinne erstellt und schränkt weder die Abflusskapazität der Albula noch den Geschiebetrieb und die Weiterleitung ein.

Die Funktionalität der Fischaufstiegshilfe in Sils i.D. sollte durch den Betrieb des Geschiebeumleitstollens und die Restwassersituation nicht beeinträchtigt werden. Weil das Gefälle in der Fischaufstiegshilfe grösser ist als das Gefälle der Albula, wird davon ausgegangen, dass anfallendes Geschiebe durch die Fischaufstiegshilfe transportiert wird und nicht in der Rinne liegen bleibt. Im Monitoring für den Geschiebeumleitstollen Solis ist dieser Aspekt zu berücksichtigen.

Der Einstiegsbereich der FAH ist je nach Wasserstand im Tosbecken mehr oder weniger eingestaut. Die Fließgeschwindigkeiten im untersten Teil der Rinne sind dadurch zeitweise reduziert und Verlandungen sind nicht auszuschliessen. Diese sollten allerdings – wenn überhaupt – nur kurzzeitig auftreten, denn aufgrund des Betriebsregimes der KHR herrschen in regelmässigen Abständen (täglich) bei tiefem Wasserspiegel im Tosbecken Verhältnisse, welche zu einem Ausschwemmen allfälliger Verlandungen führen dürften.

### 9.2 Bodenschutz

Während der Bauphase wird für den Installations- und Umschlagsplatz sowie die Baupiste eine Bodenfläche von rund 750 m<sup>2</sup> temporär beansprucht. Die beanspruchten Flächen liegen teilweise in landwirtschaftlich genutztem Wiesland, welches bereits bei früheren Bauvorhaben als Installationsplatz genutzt wurde und deshalb einen verstärkten Untergrund aufweist. Durch eine sorgfältige und bodenschonende Arbeitsweise und durch geeignete Massnahmen

- zur Verhinderung einer Durchmischung der bestehenden Bodenschichten,
- zum fachgerechten Wiederaufbau und Begrünung des Bodens und
- zur Minimierung der Bodenpressung

dienen diese Flächen nach Abschluss der Bauarbeiten wieder der gewohnten Nutzung. Die Massnahmen richten sich nach den gültigen kantonalen und nationalen Richtlinien und Normen.

### 9.3 Altlasten

Im Kataster der belasteten Standorte sind im Projektbereich und auch in der weiteren Umgebung keine Altlastenstandorte verzeichnet.

Es sind keine speziellen Massnahmen erforderlich.

## 9.4 Natur- und Landschaftsschutz

Im gesamten Projektperimeter (inkl. Installationsplätze, Zufahrten etc.) sind keine besonderen Natur- und Landschaftsschutzzonen ausgeschieden.

Das Landschaftsbild im Projektgebiet ist geprägt durch grosse Kraftwerksanlagen, Zufahrtsstrassen und Kunstbauten (auch im Gewässer). Durch den Bau der neuen Fischaufstiegshilfe wird das heutige Erscheinungsbild nicht wesentlich verändert. Die neuen Rinnenwände und die Sohle der Blockrampe werden mit Natursteinen erstellt fügen sich damit optisch gut in die bestehende Gewässer- und Uferumgebung ein.

Die neu zu erstellende Zufahrtsrampe in die Albula dürfte vorübergehend als gut sichtbare Veränderung des Uferbereichs wahrnehmbar sein. Mit der Wiederbepflanzung bzw. das Einwachsen der Uferböschungen wird die Einsehbarkeit der Rampe mit der Zeit allerdings stark eingeschränkt.



Abb. 6: heutiges Erscheinungsbild im Bereich des bestehenden Absturzbauwerk mit Fischtreppe

## 9.5 Rodungen

Gesuch Nr. 7087.2-031 / Pläne Nr. 7087.2-032 / 033

### Allgemein

Teile der geplanten Baustellen- und Unterhaltszufahrt beanspruchen im Bereich der Böschung zwischen Albula und Kraftwerkareal permanent oder temporär Flächen, die als Wald ausgeschieden sind. Dementsprechend ist ein Rodungsgesuch zu stellen.

### Permanente Rodung

Eine definitive Rodung ist für den Fahrbahnbereich der Zufahrtsrampe in die Albula erforderlich. Die Fläche beträgt 240 m<sup>2</sup>.

### Temporäre Rodung

Für die Bauphase bzw. die Erstellung der Zufahrtsrampe muss die Ufervegetation im betroffenen Bereich gerodet werden. Die temporäre Rodungsfläche beträgt 150 m<sup>2</sup>.

Die neuen Böschungsabschnitte werden wieder mit Ufergehölze bepflanzt und damit stabilisiert.

### Rodungersatz

Der Realersatz für die temporäre Rodung erfolgt innerhalb der Rodungsfläche, indem die neu erstellten Böschungen wieder mit Ufergehölz bepflanzt werden bzw. natürlich einwachsen können.

Eine Ersatzaufforstung oder sonstige Massnahmen als Rodungersatz werden im Rahmen des Verfahrens bzw. bis spätestens zur Ausführung zusammen mit der zuständigen Forstregion 4 festgelegt.

## 9.6 Gefahrenzonen

Ein Teil des Projektgebietes ist der Gefahrenzone 1 (rot) zugeordnet. Nach Art. 38 des Raumplanungsgesetzes für den Kanton Graubünden (KRG) dürfen in dieser Zone keine neuen Bauten und Anlagen erstellt werden, die dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen.

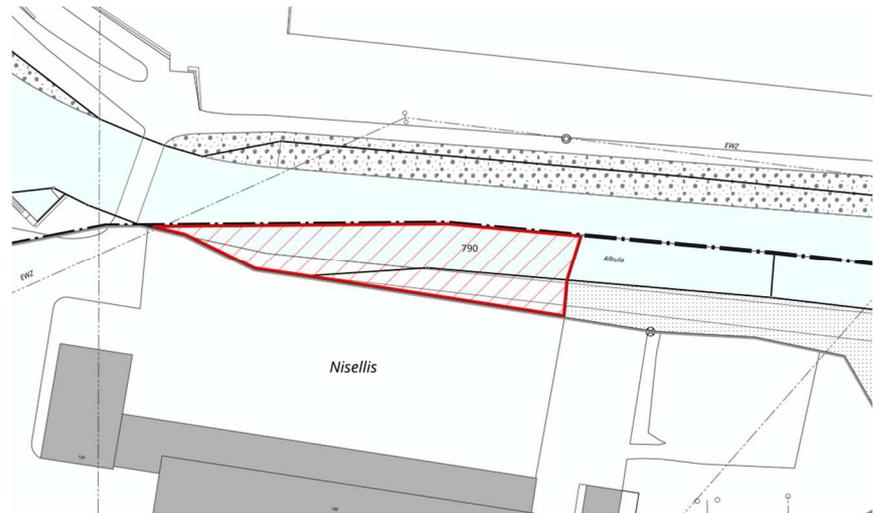


Abb. 7: Gefahrenzone 1 (rot) im Projektgebiet

Die geplante Fischaufstiegshilfe und die Nebenanlagen (Zufahrtsrampe) dienen nicht diesem Zweck und es wird davon ausgegangen, dass kein Konflikt zum Raumplanungsgesetz entsteht.

## 10 Werkleitungen

Plan Nr. 7087.2-021

Im Bereich der neuen Fischaufstiegshilfe unterquert eine *Löschwasserleitung* die Albula in Nord-südrichtung zwischen der Swissgrid-Schaltanlage und dem KHR-Kraftwerkareal. Das Gussrohr DN 150 liegt in einem betonierten Rohrblock in einer Tiefe von rund 0.6 m unter der Gewässersohle. Das Rohr bzw. der Rohrblock würde die neue FAH-Rinne queren und muss im Baustellenbereich angepasst werden (z.B. tiefer legen, Integration in Rinnensohle; siehe auch Pläne 7087.2-011 und -012). Während der Bauphase muss eine prov. Wasserzuleitung zur KHR erstellt werden.

Das gesamte Baustellenareal wird überspannt von mehreren, teilweise relativ tief hängenden Hochspannungs-Freileitungen. Die genauen Verhältnisse (Lage, Höhe) und Sicherheitsvorgaben sind im Rahmen der Submission im Detail aufzunehmen und bekanntzugeben. Die Leitungen bilden einen limitierenden Faktor insbesondere bezüglich allfälliger Kranarbeiten und gegebenenfalls auch hinsichtlich des üblichen Maschineneinsatzes.

## 11 Bauablauf und Terminplanung

### 11.1 Baustellenerschliessung / Installation

Plan Nr. 7087.2-021

Die Zufahrt ins Projektgebiet erfolgt ab der Domleschgerstrasse in Sils über die Albulastrasse und über das Areal der KHR. Die bestehende Brücke über den Unterwasserkanal des ewz-Kraftwerks verfügt über eine begrenzte Traglast und muss für die Bauzeit verstärkt werden. Die entsprechenden Einrichtungen sind bei ewz vorhanden.

Im Wiesland östlich des KHR-Kraftwerks ist der Installations- und Umschlagsplatz vorgesehen. Zu diesem Zweck müssen die in diesem Bereich gelagerten Dammbalkenelemente der KHR temporär umgelagert werden. Die vorgesehene Installationsfläche liegt in einer landwirtschaftlich genutzten Ebene, wurde aber bereits bei früheren Bauvorhaben als Lagerplatz genutzt. Sie weist daher einen verstärkten Unterbau auf. Trotzdem muss die Fläche für die Nutzung als Installationsplatz entsprechend vorbereitet werden (Abhumisierung, allenfalls Auskoffering).

Die Erschliessung der Baustelle im Gewässer für Baumaschinen und Transporte erfolgt ab dem Installationsplatz über die neu zu erstellende Zufahrtsrampe im Uferbereich der Albula (siehe auch Kap. 6).

Trinkwasser- und Baustromanschlüsse sind auf dem Kraftwerkareal vorhanden.

Als Standort für die Nachbehandlung des Baustellenabwassers (Pumpanlage, Absetzbecken, Neutralisationsanlage) ist die Fläche zwischen Kabelbrücke und Kraftwerkareal vorgesehen.

### 11.2 Wasserhaltung

Plan Nr. 7087.2-021

Für die Bauzeit müssen die Albula im Bereich der neuen Fischaufstiegshilfe sowie kurzzeitig das Tosbecken unterhalb der Schwelle trockengelegt werden.

Oberwasserseitig ist die Erstellung einer abgestützten Spundwand quer zum Gewässer und über die gesamte Breite der Albula vorgesehen.

Unterhalb der Baustelle zwischen Tosbecken und Unterwasserkanal der KHR ist ebenfalls ein Wasserhaltungsdamm quer zur Albula vorgesehen, welcher eine Flutung des Tosbeckens unterbinden soll. Der Damm muss so dimensioniert sein, dass der Kraftwerkbetrieb auch während der Bauzeit uneingeschränkt erfolgen kann.

Die Abflüsse der Albula werden beim oberwasserseitigen Querdamm gefasst und zunächst in einem offenen provisorischen Kanal und anschliessend – zu Überbrückung des Tosbeckens - in Stahlrohren abgeleitet. Nach Abschluss der Arbeiten im Tosbecken (Durchbruch Schwelle, Sohlenanbindung; Bauphase II) wird die Baustelle an der Schwelle abgedämmt und die Umleitung ab dem Absturzbauwerk (Stahlrohre) kann aufgehoben und das Tosbecken geflutet werden. Die Umleitung soll grundsätzlich auf eine Abflussmenge von ca. 10 m<sup>3</sup>/s ausgelegt werden, so dass kleinere Hochwasserereignisse abgeleitet werden können, ohne dass die Baustelle überflutet oder beschädigt wird. Die Kapazität der Stahlrohre, welche im Bereich des Tosbeckens nur kurzzeitig im Einsatz sind, kann tiefer liegen (ca. 4-5 m<sup>3</sup>/s).

Mit ewz ist ein temporäres Hochwasserschutzkonzept für die Bauzeit im Gewässer auszuarbeiten und festzulegen. Dieses soll insbesondere sicherstellen, dass bei der Stauanlage Solis (rund 7 km flussaufwärts) allfällige Hochwasserspitzen aus dem oberhalb liegenden Einzugsgebiet soweit wie möglich gebrochen werden und auch keine aktiven Stauraumpülungen durchgeführt werden.

In der Baugrube der neu zu erstellenden Rinne anfallendes Sicker- bzw. Baustellenabwasser (Betonarbeiten) ist in der Baugrube zu fassen und mittels einer Pumpenanlage der Nachbehandlung (Absetzbecken, Neutralisationsanlage) zuzuführen und kann erst danach ins Gewässer bzw. in die Kanalisation abgeleitet werden.

### 11.3 Baugrubensicherung

Plan Nr. 7087.2-021

Die Baugrube für den neuen Fischaufstiegskanal weist eine Tiefe von bis zu 4.5 m gegenüber der heutigen Gewässer- sohle auf. Zur Sicherung der direkt anstehenden Uferböschung wird die linke Baugrubenbegrenzung als nahezu senkrechte Nagelwand (Spritzbeton, Anker) ausgeführt. Der Aushub hat dementsprechend in Etappen zu erfolgen.

Die Detailplanung der Nagelwand erfolgt im Rahmen des Ausführungsprojekts. Zur Schaffung der notwendigen Planungs- und Bemessungsgrundlagen sind gegebenenfalls einzelne Sondierbohrungen anzuordnen.

## 11.4 Bauablauf / Bauphasen

Plan Nr. 7087.2-022

Aus heutiger Sicht können für die Realisierung der neuen Fischaufstiegsanlage die Bauphasen und -tätigkeiten wie folgt beschrieben werden:

- Bauphase I (September)**
- a) Baustelleninstallation / Rodungen
  - b) Erstellung der Baupisten und Zufahrtswege
  - c) Erstellung der Zufahrtsrampe ins Gewässer
  - d) Erstellung der Wasserhaltung (Spundwand, Dämme, Gewässerumleitung etc.)
- Bauphase II (Oktober)**
- e) Teilabbruch der bestehenden Schwelle
  - f) Betonarbeiten im Schwellenbereich (neue Rinne)
  - g) Sohlenanbindung im Tosbecken (Blocksteine einbetoniert)
- Bauphase III (November-Februar)**
- h) Abdämmung der Baustelle (Seite Tosbecken)
  - i) Teilrückbau der Wasserhaltung (Tosbecken und UW-Bereich)
  - j) Aushubarbeiten Rinne FAH (inkl. Baugrubensicherung)
  - k) Erstellung der Rinne (Blocksteinmauern, raue Blockrampe, Ufersicherungen)
  - l) Erstellung Einlaufbereich
- Bauphase IV (März)**
- m) Rückbau Wasserhaltung
  - n) Rückbau Baustelleninstallation
  - o) Instandstellungen

Aufgrund der Abflussverhältnisse in der Albula müssen die Hauptarbeiten im Gewässerbereich im Spätherbst und Winter ausgeführt und vor dem Einsetzen der Schneeschmelze (März) abgeschlossen werden. Vom 1. Oktober bis zum 30. April besteht allerdings eine Fischschonzeit, in welcher keine Arbeiten im wasserführenden Gewässer ausgeführt werden dürfen. Die Erstellung der Wasserhaltung und die Trockenlegung der Baustelle (Bauphase I) sind im Rahmen des Ausführungsprojekts deshalb so zu planen und terminieren, dass sie möglichst spät beginnen (Hochwasserrisiko August bis Oktober!), aber bis spätestens 1. Oktober abgeschlossen sind.

## 11.5 Grobterminprogramm

Das nachfolgende Terminprogramm basiert auf groben Schätzungen. Insbesondere der Ablauf und die Dauer der verschiedenen Vernehmlassungs-, Prüfungs- und Genehmigungsphasen ist nicht genau kalkulierbar.

Die Wirkungskontrolle ist im Terminprogramm lediglich angedeutet. Die effektive Dauer hängt von verschiedenen Faktoren ab, ist aber in jedem Fall deutlich grösser als hier dargestellt (> 2 Jahre).



## 12 Kosten

### 12.1 Investitionskosten

Der Kostenvoranschlag für die Sanierung der Fischgängigkeit an der Schwelle Albula basiert auf einer Massenberechnung mit Vorausmass und Einheitspreisen aus ähnlichen Projekten.

Die Planungskosten wurden jeweils mit 15 %, Unvorhergesehenes mit 10 % der Baukosten berücksichtigt. Die Kostengenauigkeit beträgt  $\pm 10\%$  (SIA 103, Phase 32 – Bauprojekt).

#### Zusammenfassung

No.	NPK	Beschreibung	Kosten
<b>A</b>		<b>Baumeisterarbeiten inkl. Spezieltiefbau</b>	<b>1'396'000</b>
1	113	Baustelleneinrichtung	139'000
2	116	Holzen und Roden	28'000
3	117	Abbrüche und Demontagen	41'000
4	161	Wasserhaltung	224'000
5	164	Verankerungen und Nagelwände	69'000
6	211	Baugruben und Erdbau	240'000
7	213	Wasserbau	600'000
8	241	Ortbetonbau	55'000
<b>B</b>		<b>Stahlwasserbau</b>	<b>32'000</b>
9		Stahlpanzerung	32'000
<b>C</b>		<b>Wirkungskontrolle</b>	<b>44'000</b>
10		Technische und biologische Wirkungskontrolle	44'000
<b>D</b>		<b>Allgemeine Kosten</b>	<b>341'000</b>
11		Projekt, Bauherrenkosten etc.	341'000
		<b>Total [CHF]</b>	<b>1'781'000</b>

*Tabelle 3: Kostenvoranschlag, Zusammenfassung der Hauptpositionen, gerundet auf CHF 1'000.- (exkl. MWSt.);  
 Details siehe Dokument B3*

Nach Abschluss der Bauarbeiten muss der Gewässersohle im Einlaufbereich zur neuen FAH über einen Zeitraum von rund 1 bis 2 Jahren beobachtet werden. Insbesondere durch Hochwasserereignisse sind Veränderungen möglich, bis sich die Sohle stabil eingestellt hat. In dieser Phase sind hinsichtlich der definitiven Fertigstellung der Anlage möglicherweise nachträgliche wasserbauliche Interventionen notwendig (Anpassung der Gefälleverhältnisse, Veränderung der Sohlenstruktur etc.). Entsprechende Aufwendungen wurden abgeschätzt und im KV ebenfalls eingerechnet.

Die Kosten für die Durchführung der technischen und biologischen Wirkungskontrollen (Kap. 7.3) wurden ebenfalls abgeschätzt und sind in der Position C enthalten.

Gestützt auf die Vollzugshilfe des BAFU zur ökologischen Sanierung best. Wasserkraftanlagen, wird davon ausgegangen, dass die Investitionskosten für die Massnahmen im Zusammenhang mit der Verbesserung bzw. Wiederherstellung der Fischgängigkeit vollumfänglich entschädigt werden.

### 12.2 Unterhaltskosten

Die geplante Fischaufstiegsanlage ist eine rein wasserbauliche Anlage und kommt komplett ohne Armaturen und elektromechanische Ausrüstungen aus. Allfällige Reparaturen oder Ersatz von maschinellen Anlageteilen fallen dementsprechend keine an. Der Unterhaltsaufwand beschränkt sich auf regelmässige Kontrollen und gelegentliche Interventionen nach Hochwasserereignissen.

Basierend auf dem Unterhaltskonzept (Kap. 8) werden die jährlichen Kosten für den Unterhalt der FAH wie folgt geschätzt:

No.	Beschreibung	Einh.	Menge	EP	Betrag
<b>A Jährliche Unterhaltskosten</b>					
<b>1 Personalkosten</b>					
1.1	Kontrolle und Wartung Sommer (7 Monate)	h	42	100.00	4'200
1.2	Kontrolle und Wartung Winter (5 Monate)	h	20	100.00	2'000
<b>Total 1: Personalkosten</b>					<b>6'200</b>
<b>2 Sachkosten</b>					
2.1	Material, Maschinen, Werkzeuge, Hilfseinrichtungen	-	p	-	1'000
2.2	Einsatz Schreitbagger zur Beseitigung von Schwemmh Holz, Geschiebeablagerungen oder für sonstige Interventionen (Annahme: 1 Mal pro Jahr)	-	p	-	4'000
<b>Total 2: Sachkosten</b>					<b>5'000</b>
<b>Total A: jährliche Unterhaltskosten</b>					<b>11'200</b>

*Table 4: Zusammenstellung der geschätzten Jahreskosten für den Unterhalt der FAH (exkl. MWSt.)*

Es wird davon ausgegangen, dass der Unterhaltsaufwand in den Sommermonaten aufgrund der höheren Hochwasserwahrscheinlichkeit leicht höher ist als im Winter (generell tiefe Abflüsse). Dementsprechend wird in die Schätzung ein durchschnittlicher wöchentlicher Aufwand zwischen April und Oktober von 1.5 Stunden eingerechnet. In den Monaten November bis März wird der Aufwand im Mittel auf 1 Stunde pro Woche geschätzt.

Trotz der für den Bau der Anlage gewählten Materialien und Konzepte, welche auf eine möglichst robuste und dauerhafte Konstruktion abzielen, ist das Bauwerk der Abrasion ausgesetzt. Langfristig muss deshalb mit Sanierungsmaßnahmen gerechnet werden (Ersatz Blocksteine, Betonsanierung etc.).

### 13 Planungsprozesse im Umfeld

Parallel zur Sanierung der Fischgängigkeit laufen im geografischen bzw. hydrologischen Umfeld der Albula in Sils i.D. auf verschiedenen Ebenen und unterschiedlich weit fortgeschritten weitere Planungsprozesse:

- **Anpassung Spülregime Umleitstollen Solis (ewz)**

Mit der geplanten Änderung des Betriebs des Umleitstollens bei der Staumauer Solis (ewz) muss gegenüber den letzten Jahrzehnten mit einem verstärkten Geschiebeaufkommen in Sils i.D. gerechnet werden.

Im Rahmen des vorliegenden Bauprojekts wird davon ausgegangen, dass die Funktionalität der geplanten Fischaufstiegshilfe in Sils i.D. durch den (geänderten) Betrieb des Geschiebeumleitstollens nicht beeinträchtigt wird. Im Monitoring für den Geschiebeumleitstollen Solis ist dieser Aspekt zu berücksichtigen.

- **Schwall/Sunk-Sanierung Hinterrhein - strategische Planung**

In der strategischen Planung des Kantons Graubünden zur Schwall/Sunk-Sanierung aus dem Jahre 2014 zu Handen des Bundes wird unter anderem der Aufstau der Albula in der Schinschlucht als möglichen Lösungsansatz genannt. Der betrachtete Standort für diese Stauanlage liegt rund einen Kilometer flussaufwärts der Schwelle Albula.