

Auftraggeber

Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche
Aemmestrasse 7B
3123 Belp

Auftragsbezeichnung

Wasserbaubewilligung
Rückbau Gürbeschwelle in Kirchenthurnen

Berichtstitel

Technischer Bericht **Bauprojekt**



Verfasser

Katja Henz
Yannick Castella

Gruner AG
Industriestrasse 1
CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24
www.gruner.ch

Auftragsnummer
E2302585.000

Datum
03.07.2024

Änderungsgeschichte

Version	Änderung	Kürzel	Datum
1	Erstfassung	heka	03.07.2024

Verteiler

Firma	Name	Anz. Expl.
Präsident Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche	Christoph Stähli	digital
Wasserbauingenieur, TBA OIK II	Bruno Gerber	digital
Renaturierungsfonds	Sandro Schläppi	digital
Fischereiinspektorat, LANAT	Benjamin Bracher	digital

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zusammenfassung	7
1.1 Bedürfnisnachweis	7
1.2 Projektperimeter	7
2 Anlass und Auftrag	8
2.1 Auftrag / Projektziele	8
2.2 Projektabgrenzung	8
2.3 Projektorganisation	8
2.4 Partizipation und Information	8
3 Ausgangslage / Ist-Zustand	9
3.1 Historische Ereignisse	9
3.2 Bestehende und zukünftige Nutzung	9
3.3 Hydrologische Verhältnisse (Hochwasserabflüsse)	9
3.4 Mögliche Gefahrenarten	9
3.4.1 Überschwemmung und Übersarung	10
3.4.2 Schwemmholz	10
3.4.3 Geschiebe	10
3.4.4 Gefährdungssituation	10
3.5 Ökomorphologischer Zustand	10
3.6 Gewässerraum	12
3.7 Flora und Fauna	12
3.8 Landschaft/Siedlung/Naherholung	12
3.9 Grundwasser	12
3.10 Baugrund	12
3.11 Projekte Dritter	12
4 Projektziele	13
5 Projektbeschreibung / Massnahmenplanung	14
5.1 Variantenstudium	14
5.1.1 Variante 1 – geschlossene Blockrampe (V1)	14
5.1.2 Variante 2 – Pendelrampe (V2)	15
5.1.3 Variantenentscheid	16
5.2 Massnahmen Bestvariante	16
5.2.1 Dimensionierung Lenkbuhnen	17
5.3 Unterhalt und Pflege	17
6 Kosten	18
7 Bauablauf	19
8 Auswirkungen Projekt / Massnahmen	19
8.1 Auswirkungen auf Nutzung	19
8.2 Auswirkungen auf Natur, Landschaft und Siedlung	19
8.3 Auswirkungen auf Gewässerökologie und Fischerei	19
8.4 Auswirkungen auf Grundwasser	19

8.5	Auswirkungen auf Landwirtschaft	19
9	Termine	20
10	Schlussfolgerung	20
	Grundlagenverzeichnis	20
	Anhang 1: Hydraulische Berechnungen (Normalabfluss)	21

1 Zusammenfassung

1.1 Bedürfnisnachweis

Die Gürbe ist vielerorts aufgrund der vergangenen Korrekturen verbaut und weist diverse Schwellen auf.

Die Schwelle in Kirchenthurnen ist in einem schlechten Zustand, unterspült und nicht fischgängig.

Aus diesem Grund hat der Renaturierungsfonds die Gruner AG 2022 beauftragt ein Variantenstudium zur Entfernung der Schwelle zu erstellen.

Mit der vorliegenden Wasserbaubewilligung soll die Schwelle entfernt und die Längsvernetzung wiederhergestellt werden.

1.2 Projektperimeter

Der Projektperimeter befindet sich an der Gürbe in Kirchenthurnen, östlich vom Dorf. Abbildung 1 zeigt rot eingekreist die Schwelle und den Anpassungsbereich.

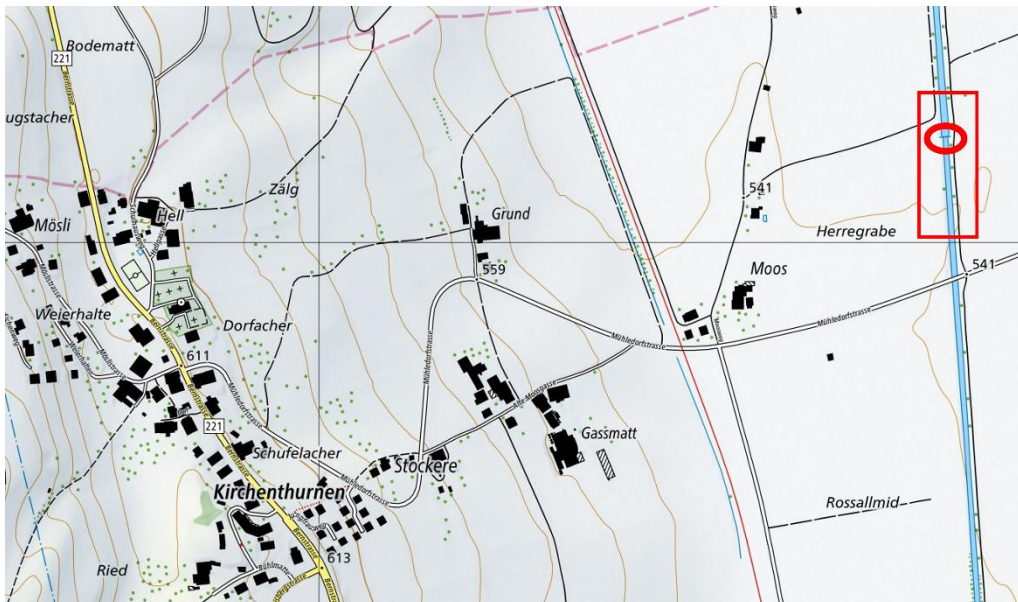


Abbildung 1: Projektperimeter [1]

2 Anlass und Auftrag

2.1 Auftrag / Projektziele

Im Auftrag des Wasserbauverbandes untere Gürbe und Müsche soll die Schwelle in Kirchenthurnen zurückgebaut werden. Ziel ist es die Längsvernetzung wiederherzustellen.

2.2 Projektbegrenzung

Zur Wiederherstellung der Längsvernetzung soll nur die Gürbesohle abgesenkt werden. Die Böschungen sollen nicht verändert werden (ausser im Schwellenbereich).

2.3 Projektorganisation

Auftraggeberin:	Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche WGM	Christoph Stähli
Leitbehörde:	OIK II Wasserbau	Bruno Gerber
Ingenieure:	Gruner AG	Katja Henz
Betroffene Eigentümer:	Parz. 13: Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche WGM	Christoph Stähli
	Parz. 103: Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche WGM	Johann Alexander Schüpbach
	Parz. 172: Flurgenossenschaft Thurnen (Installationsplatz)	Stefan Brönnimann
	Parz. 54: Wichtermann Walter (Installationsplatz)	Wichtermann Peter
Drittprojekte	-	

2.4 Partizipation und Information

Die Bauarbeiten finden ausschliesslich auf der Parzelle 13, welche dem Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche in Belp gehört, statt.

Der Installationsplatz (Parzelle 54, 103, und 172) wird temporär beansprucht, kein Landerwerb nötig.

Die angrenzenden Parzelleneigentümer wurden per Mail bezüglich der projektierten Arbeiten informiert.

Die Leitbehörde, der Renaturierungsfonds und das Fischereiinspektorat wurden in die Projektierung involviert.

3 Ausgangslage / Ist-Zustand

3.1 Historische Ereignisse

Im Jahr 2022 verschlechterte sich der seit Jahren instabile Zustand der Schwelle infolge eines Hochwasserereignisses.

3.2 Bestehende und zukünftige Nutzung

Die bestehende Schwelle und der nachfolgende Kolk wird von Schwimmenden als Baustelle benutzt. Durch den Wegfall der Schwelle wird der Bereich für Schwimmende künftig weniger attraktiv, dafür wird der Bereich ein Habitat für aquatische Lebewesen.

3.3 Hydrologische Verhältnisse (Hochwasserabflüsse)

In Kirchenthurnen gibt es keine Hochwasserstatistik. Deshalb werden die Messstellen für Burgistein und Belp herangezogen.

Gemäss den Angaben im Wasserbauplan Hochwasserschutz unteres Gürbetal [2] und im Gewässerrichtplan [3] ist der Hochwasserabfluss in Burgistein bei Gewitter und Dauerregen ermittelt worden (siehe Tabelle 1). Auch die Hochwasserstatistik in Belp Mülimatt der Gürbe ist bekannt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Hochwasserabflüsse Gürbe ober und unterhalb Kirchenthurnen [2], [3], [4]

Ort Hochwasserstatistik	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]	EHQ [m ³ /s]
Gürbe Burgistein (Gewitter)	80	100	135	160
Gürbe Burgistein (Dauerregen)	43	54	70	160
Gürbe Belp Mülimatt	54.4	60.2	64.5	-

Da sich Kirchenthurnen ungefähr in der Mitte der beiden Messstationen befindet, wurde mit folgenden Hochwasserabflüssen gerechnet:

Ort Hochwasserstatistik	HQ ₁₀ [m ³ /s] ¹	HQ ₂₀ [m ³ /s] ¹	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]	EHQ [m ³ /s]
Kirchenthurnen Schwelle	50	60	67	80	100	-

3.4 Mögliche Gefahrenarten

Die Projektverfasser gehen im Perimeter von den folgenden Wassergefahren aus. Die massgeblichen Prozesse sind mit einem x gekennzeichnet.

¹ Schätzung anhand der Daten HQ₃₀, HQ₁₀₀ und HQ₃₀₀

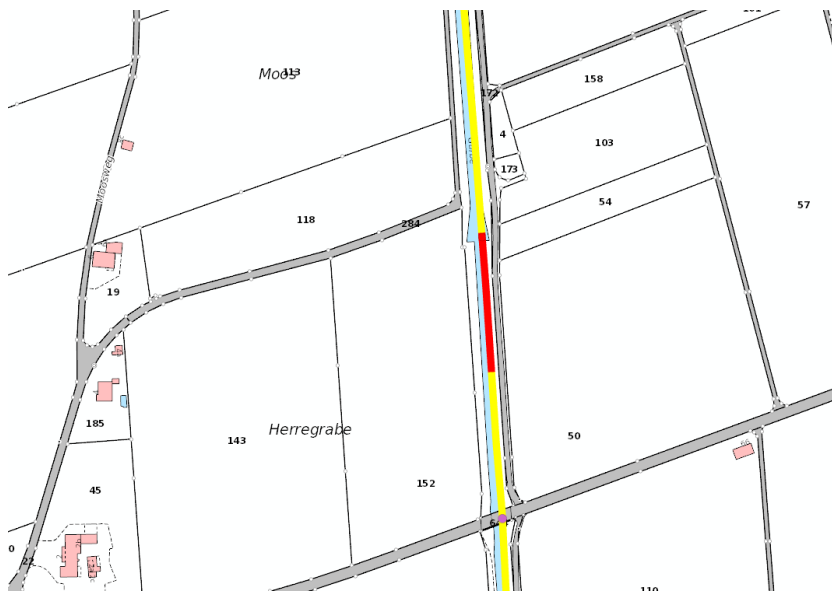


Abbildung 3: Ökomorphologischer Zustand [5]

Der Nutzen der Revitalisierungsmassnahmen ist im Projektperimeter gross (rot).

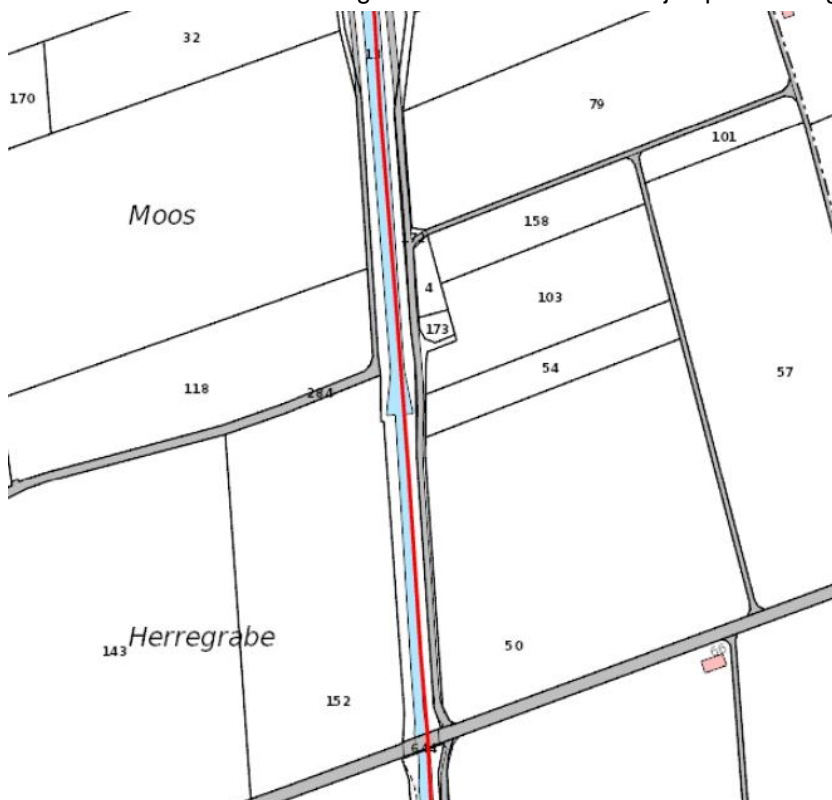


Abbildung 4: Nutzen der Revitalisierungsmassnahmen [5]

3.6 Gewässerraum

Der Gewässerraum an der Gürbe beträgt gemäss Gewässerrichtplan [3] beidseitig 15 m ab der Gewässerachse.

3.7 Flora und Fauna

Das bestehende Ufer weist eine Ufervegetation bestehend aus Büschen und Bäumen auf. In der Gürbe kommen folgende Fische vor: Alet, Schneider, Erlitzen, Groppen, Bachforellen, Barben, Bartgrundeln und evtl. Dohlenkrebse. Biber wurden bisher im Projektperimeter keine gesichtet.

3.8 Landschaft/Siedlung/Naherholung

Der Projektstandort liegt ausserhalb des besiedelten Gebiets. Beidseitig grenzen Landwirtschaftsflächen an die Gürbe. Östlich verläuft ein Bewirtschaftungs- und Wanderweg entlang der Gürbe.

3.9 Grundwasser

Gemäss dem Geoportal [5] beträgt der Flurabstand zum Grundwasser entlang der Grube in Kirchenthurnen <1m. Der Projektperimeter befindet sich im Grundwasser Randgebiet.

3.10 Baugrund

Gemäss Geoportal [5] befindet sich der Gürbeabschnitt im Bereich von Lockergestein >20m.

Die Erfahrungen aus dem Gürbeprojekt in Toffen werden verwendet und vor Baubeginn werden im Projektperimeter Sondagen gemacht.

3.11 Projekte Dritter

Keine

4 Projektziele

Die Schwelle in Kirchenthurnen soll entfernt werden zur Sicherstellung der ökologischen Längsvernetzung.

Das Hochwasserschutzziel hat eine untergeordnete Wichtigkeit, da die Uferböschungen im vorliegenden Projekt nicht verändert werden. Da der Perimeter ausserhalb der Siedlung liegt ist ein Schutzziel von maximal einem HQ20 massgebend. Dieses wird in den Plänen (basierend auf den Hochwasserabflüssen aus Kapitel 3.3) hinweisend dargestellt.

Ökologisches Ziel ist es die Längsvernetzung für Fische wiederherzustellen. Aus diesem Grund werden die Projektmassnahmen eng vom Renaturierungsfonds und Fischereiinspektorat begleitet.

Nach dem Abbruch der Schwelle wird die Böschung im Schwellenbereich standorttypisch neu angepflanzt.

5 Projektbeschreibung / Massnahmenplanung

5.1 Variantenstudium

Für das Variantenstudium zum Rückbau der Gürbeschwelle wurden zwei Varianten untersucht. In beiden Varianten wird durch den Rückbau der Schwelle die Sohle auf ca. 80-100 m vor der Schwelle abgesenkt. Die bestehende Sohle aus Steinblöcken wird entfernt.

5.1.1 Variante 1 – geschlossene Blockrampe (V1)

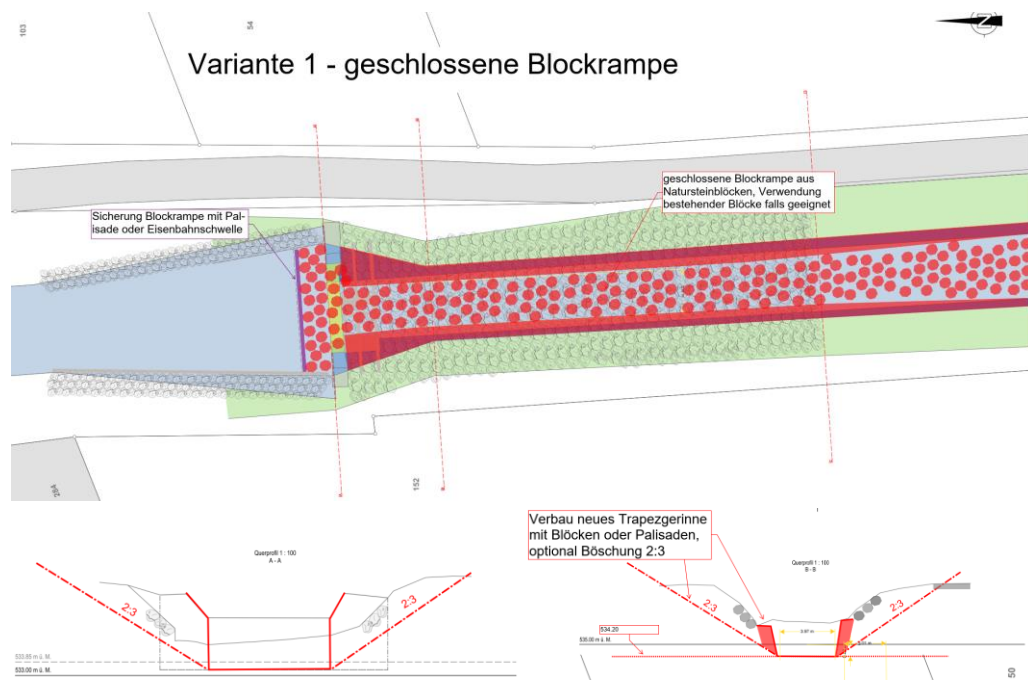


Abbildung 5: Variante 1 - geschlossene Blockrampe

Die Variante 1 (siehe Abbildung 5) sieht vor mit den aus der Sohle abgebrochenen Steinblöcken eine geschlossene Blockrampe zu erstellen. Das Gefälle der Blockrampe wird so gestaltet, dass diese für Fische überwindbar ist (max. 3%).

Massnahmen V1

- > Durchgängige Blockrampe
- > Gefälle max. 3%
- > Keine Abstürze, Durchgängigkeit für Fische und Bodentiere ist gewährleistet

5.1.2 Variante 2 – Pendelrampe (V2)

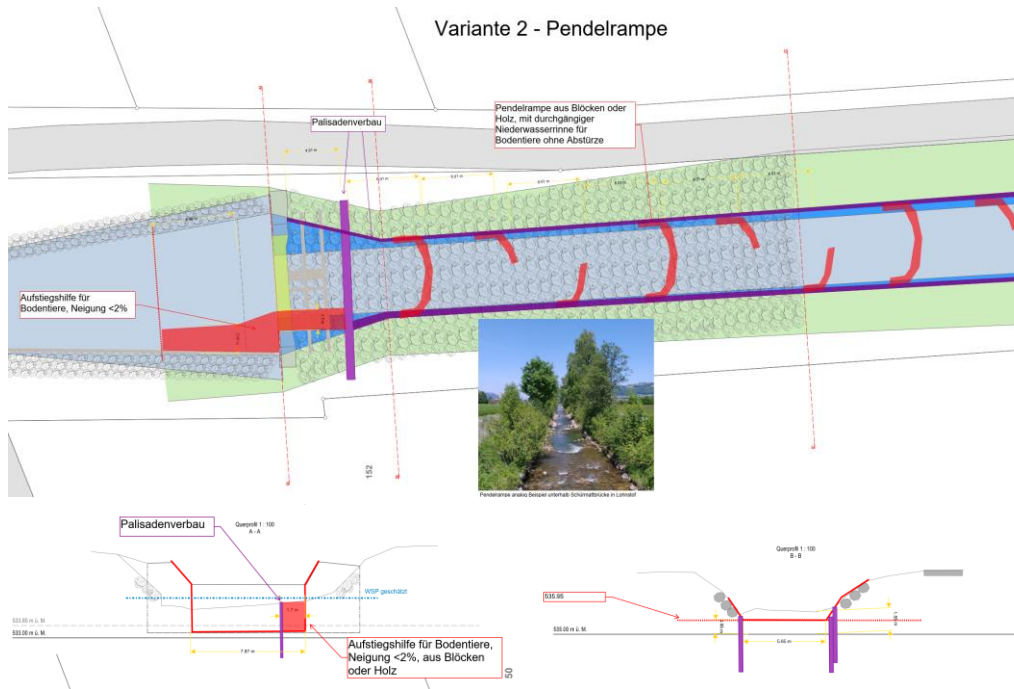


Abbildung 6: Variante 2 - Pendelrampe

In Variante 2 (siehe Abbildung 6) wird eine 70 m lange Pendelrampe aus Block- oder Holzbunnen erstellt. Die Bunnen werden so gestaltet, dass jeweils eine Buhne über die gesamte Gürbreite erstellt wird und danach wechselseitig zwei halbe Bunnen. Der Kolk im Bereich der Schwelle wird erhalten und für Bodentiere einseitig eine Aufstiegshilfe (Neigung <2%) erstellt.

Massnahmen V2

- > 70 m Pendelrampe
- > Gefälle max. 2% (oberhalb der Schwelle)
- > Absturz in Form des Kolkes soll erhalten bleiben
- > Einseitige Aufstiegshilfe für Bodentiere

5.2.1 Dimensionierung Lenkbuhnen

Die Bemessung erfolgt anhand der Erfahrungen der Lenkbuhnen und Strukturen vom HWS Projekt im Toffen und dem Lenkbuhnenmonitoring an der Taverna [6].

Höhe der Lenkbuhne

Die Höhe der Lenkbuhne H soll ca. $1/10$ der Wasserspiegelhöhe bei Bemessungsabfluss h betragen. Die Wasserspiegelhöhe bei Bemessungsabfluss h beträgt gut ca. 1.7 bis 2.2 m. Die Lenkbuhnenhöhe H sollte damit durchschnittlich 17 bis 22 cm betragen. Da die Lenkbuhnen zur Gerinnemitte geneigt sind, wird eine abgestufte Lenkbuhnenhöhe von 10 bis 45 cm gewählt.

Länge der Lenkbuhne

Die auf die Gerinnebreite projizierte Länge der Lenkbuhne l_P soll ca. $1/2$ bis $2/3$ der Gerinnesohlenbreite B_{S0} betragen. Bei einer Gerinnesohlenbreite B_{S0} von ca. 7 m soll die projizierte Länge der Lenkbuhne l_P also ca. 3.5-4.6 m betragen.

Abstand zwischen den Lenkbuhnen

In weiten Kurven und geraden Gerinneabschnitten wird ein relativer Abstand A_B zwischen den Lenkbuhnen von 4 bis 6 x der Lenkbuhnenlänge l_P empfohlen. Der Abstand A_B zwischen den Lenkbuhnen sollte folglich 14 bis 28 m betragen. Für den Bau wird ein Abstand von 20 m vorgegeben, der bei Bedarf verkürzt oder verlängert werden kann.

Winkel zur Böschung

Es wird gegenüber der Böschung ein Inklinationwinkel von ca. 60° ($\pm 10^\circ$) empfohlen.

5.3 Unterhalt und Pflege

Ein regelmässiger Gewässerunterhalt ist sicherzustellen.

Der regelmässige Unterhalt beinhaltet folgendes:

- > Kontrolle und Unterhalt Böschungssicherungen, Buhnen und Einbauten
- > Kontrolle Abflusskapazität
- > Pflege Ufervegetation

6 Kosten

Nachfolgend werden die geschätzten Erstellungskosten der gewählten Massnahmen dargelegt (Stand: 26.03.2024). Insgesamt werden diese auf gerundet CHF 317'000 geschätzt. Die Genauigkeit beträgt $\pm 10\%$.

Träger des Vorhabens sind der Bund, Kanton, RenF und der Wasserbauverband untere Gürbe und Müsche. Die Projektverfasser gehen davon aus, dass dieses Projekt vsl. als Revitalisierungsprojekt mit mind. 60 % von Bund und Kanton subventioniert wird. Zudem stellt der Renaturierungsfonds eine Beteiligung in Höhe von 60-80% der Restkosten in Aussicht (muss noch vom RenF-Stab genehmigt werden).

Nicht enthalten in den Kosten sind die Honorarkosten Phase 32 (separat bereits vom WGM beauftragt) und allfällige Anpassungen an Werkleitungen (Drainagen usw.).

Position	Beschrieb	Kosten
A	Baukosten nach NPK	
111	Regiearbeiten	CHF 26'000
113	Baustelleneinrichtung	CHF 20'000
116	Holzen und Roden	CHF 3'000
117	Abbrüche und Demontagen	CHF 35'000
213	Wasserbau	CHF 142'000
	100 Wasserhaltung	CHF 12'000
	200 Erdarbeiten	CHF 2'000
	500 Hartverbauungen	CHF 55'000
	600 Ingenieurbiologische Bauweisen	CHF 70'000
	800 Ansaat und Bepflanzungen	CHF 3'000
Total	Baukosten	CHF 226'000
	Risikokosten gerundet	CHF 22'000
Total	Bau- und Risikokosten	CHF 248'000
	Honorar Ingenieur Phase 41	CHF 10'000
	Honorar Ingenieur Phasen 51 - 53	CHF 25'000
	Entschädigungen	CHF 5'000
	Drittrechnungen (Werkleitungsdaten, Geometer...)	CHF 5'000
Zwischentotal	Erstellungskosten	CHF 293'000
	Mehrwertsteuer 8.1 %	CHF 23'733
Total	Erstellungskosten inkl. Risiko und MwSt. (gerundet)	CHF 317'000

7 Bauablauf

Zuerst wird die Schwelle inkl. Widerlager entfernt. An der Stelle der Schwelle wird die erste Lenkbuhne mit mittiger Öffnung eingebaut. Danach wird von unten nach oben abschnittsweise gearbeitet und jeweils die Blöcke ausgebaut und im nächsten Schritt die Bühnen eingebaut.

Vorübergehend wird ein Installations- und Zwischenlagerplatz auf den Parzellen 54, 103 und 172 erstellt.

8 Auswirkungen Projekt / Massnahmen

8.1 Auswirkungen auf Nutzung

Die bestehende Schwelle und der nachfolgende Kolk wird von Schwimmenden als Badestelle benutzt. Durch den Wegfall der Schwelle wird der Bereich für Schwimmende künftig weniger attraktiv, dafür wird der Bereich ein Habitat für aquatische Lebewesen.

8.2 Auswirkungen auf Natur, Landschaft und Siedlung

Die geplanten Massnahmen verhelfen dem Natur- und Landschaftsbild zu einer ursprünglichen Form zurück, da künftig keine gebietsfremde Betonschwelle mehr vorhanden ist.

8.3 Auswirkungen auf Gewässerökologie und Fischerei

Die Gewässerökologie und Fische profitieren von den Renaturierungsmassnahmen. Durch den Wegfall der Schwelle wird der Gewässerabschnitt künftig für Gewässerlebewesen passierbar. Die Lenkbuhnen fördern zusätzlich die Variabilität der Fliessgeschwindigkeit der Gewässersohle in der horizontalen Richtung. Durch den Einbau von Rechen und Bühnen werden neue Habitate für Gewässerlebewesen geschaffen.

8.4 Auswirkungen auf Grundwasser

Unbekannte Auswirkungen. Vermutlich wird der Austausch zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser wieder ermöglicht.

8.5 Auswirkungen auf Landwirtschaft

Keine dauerhafte Auswirkung. Landwirtschaftsflächen werden als Installations- und Zwischenlagerplatz vorübergehend beansprucht. Die Landeigentümer werden für diese temporäre Beanspruchung entschädigt.

9 Termine

Folgende Termine sind vorgesehen:

- > Projekt- und Kreditgenehmigung durch WGM: Juni 2024
- > Bauprojekt (Entwurf Wasserbaubewilligung): Juni 2024
- > Öffentliche Auflage: Sommer 2024
- > Genehmigung Wasserbaubewilligung: Herbst 2024

10 Schlussfolgerung

Das vorliegende Projekt verbessert die Revitalisierung im Abschnitt der heutigen Schwelle massgebend. Künftig wird kein Absturz und somit Wanderhindernis für Wassertiere mehr vorhanden sein. Mit den neugebauten Bühnen im Gerinne wird das Niederwasser zusätzlich akzentuiert, damit möglichst verschiedenartige Fließzonen in der Sohle entstehen und die Artenvielfalt im Projektperimeter gefördert wird.

Grundlagenverzeichnis

- [1] Swisstopo, „Online Karten Swisstopo,“ 2024. [Online]. Available: <https://map.geo.admin.ch/>. [Zugriff am 2024].
- [2] Herzog Ingenieure AG, „Wasserbauplan Hochwasserschutz unteres Gürbetal,“ 2011.
- [3] Tiefbauamt OIK II, „Gewässerrichtplan Gürbe + Müsche,“ 2002.
- [4] Bundesamt für Umwelt, 2024. [Online]. Available: <https://www.hydrodaten.admin.ch/documents/Hochwasserstatistik/2159hq.pdf>.
- [5] Kanton Bern, «Geoportal Kanton Bern,» 2024. [Online]. Available: <https://www.topo.apps.be.ch>. [Zugriff am 2024].
- [6] Basler & Hofmann AG, „Erfolgskontrolle Lenkbühnen an der Taverna,“ 2018.

Anhang 1: Hydraulische Berechnungen (Normalabfluss)

WBB Schwelle Kirchenthurnen

Gemeinde	Kirchenthurnen
Gewässer	Gürbe
Abschnitt	Schwelle

Querprofil	QP 11
Länge	
Schutzziel	HQ ₁₀ = 50 m ³ /s

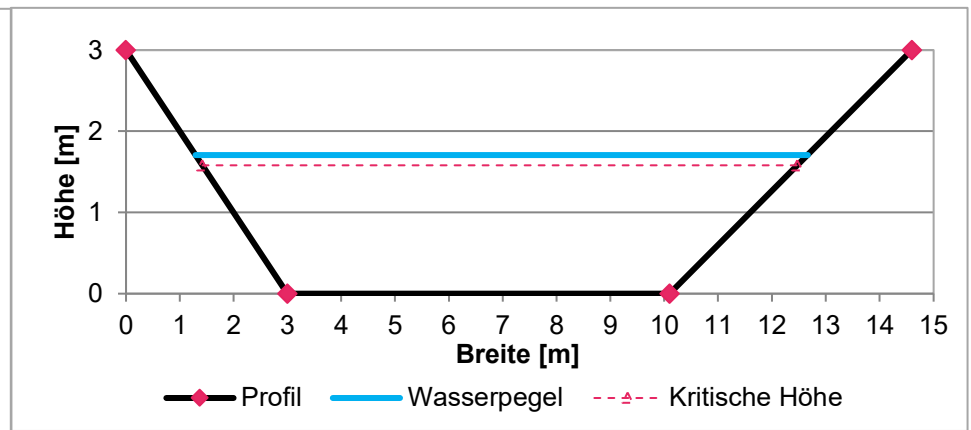
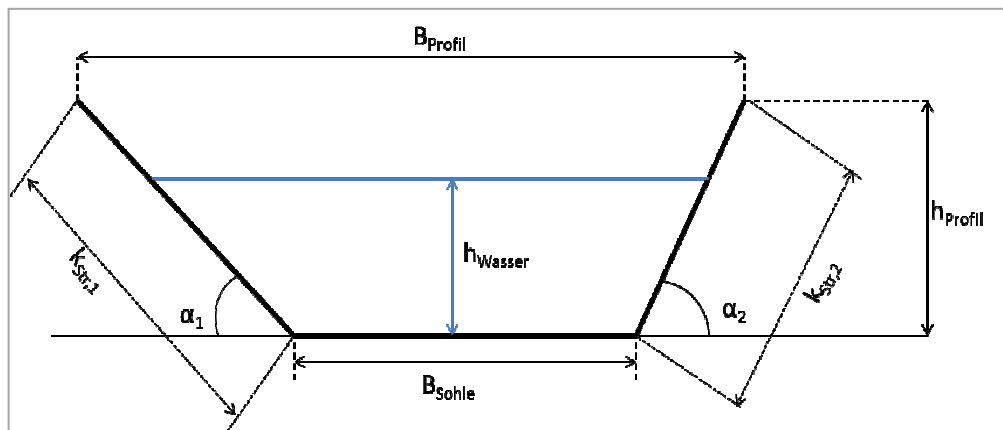
Projekt	E2302585
Datum	22.02.2023
Visum	heka

Geometrie			
Breite Sohle	B _{sohle}	[m]	7.10
Höhe Profil	h _{Profil}	[m]	3.00
Böschungsneigung links	α ₁	[°]	45.0
Böschungsneigung rechts	α ₂	[°]	33.7
Gefälle Sohle	J _{sohle}	[-]	0.007
Breite Profil	B _{Profil}	[m]	14.60
Fläche Profil	A _{Profil}	[m ²]	32.55

Normalabflussberechnung			
Abfluss	Q	[m ³ /s]	50.00
Abflusshöhe	h _{Wasser}	[m]	1.71
Fliessgeschwindigkeit	v	[m/s]	3.17
Fläche Wasser	A _{Wasser}	[m ²]	15.78
Benetzter Umfang	U	[m]	12.60
Hydraulischer Radius	R	[m]	1.25
Mittlerer Rauigkeitsbeiwert	k _{Str,mittel}	[m ^{1/3} /s]	32.58
Kritische Höhe	h _{krit}	[m]	1.58
Energiehöhe	H	[m]	0.51
Froudezahl	Fr	[-]	0.77
Schubspannung Böschung	T _{Böschung}	[N/m ²]	90.36
Schubspannung Sohle	T _{Sohle}	[N/m ²]	117.35

Freibordberechnung			
Freibordberechnung nach KOHS			
Unschärfe Sohlenlage	σ _{wz}	[m]	0.10
Unschärfe Abflussberechnung	σ _{wh}	[m]	0.16
Teilfreibord Wasserspiegellage	f _w	[m]	0.19
Teilfreibord Wellen, Rückstau	f _v	[m]	0.51
Teilfreibord Brücken	f _t	[m]	0.50
Erforderliches Freibord	f _e	[m]	0.74
oder fixes Freibord	f _e	[m]	1.00
Vorhandenes Freibord	f	[m]	1.29
Freiborddefizit	Δf	[m]	0.00

Rauigkeitsbeiwerte			
Beiwert Böschung links	k _{Str,1}	[m ^{1/3} /s]	30
Beiwert Böschung rechts	k _{Str,2}	[m ^{1/3} /s]	30
Beiwert Sohle	k _{Str,Sohle}	[m ^{1/3} /s]	35



WBB Schwelle Kirchenthurnen

Gemeinde	Kirchenthurnen
Gewässer	Gürbe
Abschnitt	Schwelle

Querprofil	QP 11
Länge	
Schutzziel	HQ ₂₀ = 60 m ³ /s

Projekt	E2302585
Datum	22.02.2023
Visum	heka

Geometrie			
Breite Sohle	B _{sohle}	[m]	7.10
Höhe Profil	h _{Profil}	[m]	3.00
Böschungsneigung links	α ₁	[°]	45.0
Böschungsneigung rechts	α ₂	[°]	33.7
Gefälle Sohle	J _{sohle}	[-]	0.007
Breite Profil	B _{Profil}	[m]	14.60
Fläche Profil	A _{Profil}	[m ²]	32.55

Normalabflussberechnung			
Abfluss	Q	[m ³ /s]	60.00
Abflusshöhe	h _{Wasser}	[m]	1.90
Fliessgeschwindigkeit	v	[m/s]	3.34
Fläche Wasser	A _{Wasser}	[m ²]	17.99
Benetzter Umfang	U	[m]	13.21
Hydraulischer Radius	R	[m]	1.36
Mittlerer Rauigkeitsbeiwert	k _{Str,mittel}	[m ^{1/3} /s]	32.45
Kritische Höhe	h _{krit}	[m]	1.75
Energiehöhe	H	[m]	0.57
Froudezahl	Fr	[-]	0.77
Schubspannung Böschung	T _{Böschung}	[N/m ²]	100.40
Schubspannung Sohle	T _{Sohle}	[N/m ²]	130.39

Freibordberechnung			
Freibordberechnung nach KOHS			
Unschärfe Sohlenlage	σ _{wz}	[m]	0.10
Unschärfe Abflussberechnung	σ _{wh}	[m]	0.17
Teilfreibord Wasserspiegellage	f _w	[m]	0.20
Teilfreibord Wellen, Rückstau	f _v	[m]	0.57
Teilfreibord Brücken	f _t	[m]	0.50
Erforderliches Freibord	f _e	[m]	0.78
oder fixes Freibord	f _e	[m]	1.00
Vorhandenes Freibord	f	[m]	1.10
Freiborddefizit	Δf	[m]	0.00

Rauigkeitsbeiwerte			
Beiwert Böschung links	k _{Str,1}	[m ^{1/3} /s]	30
Beiwert Böschung rechts	k _{Str,2}	[m ^{1/3} /s]	30
Beiwert Sohle	k _{Str,Sohle}	[m ^{1/3} /s]	35

