







Revitalisierung Muota

Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Vorprojekt

Technischer Bericht

INGE Mehrwert Muota Kissling + Zbinden AG AquaPlus AG Dr. von Moos AG Hunziker, Zarn & Partner AG				 		Projekt Nr. 6.460	Plan Nr. / 31.202		
				 		Format A4			
				Gezeichnet / Revidiert		Geprüft		Freigabe	
				Datum Visum		Datum Visum		Datum Visum	
								15.09.2023 mk	
A									
B									
C									
D									
E									

IMPRESSUM

Auftraggeber

ebs Energie AG, Riedstrasse 17, 6431 Schwyz
Bezirk Schwyz, Brüöl 7, 6431 Schwyz

Projekt

6.460 Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Berichtnummer

6.460_31.200

Erstellungsdatum

07.07.2023


Fassung vom

15.09.2023

Bearbeitung

Luca Apitzsch, Vera Girod, Markus Knellwolf, (K+Z AG)
Tino Stähli, Mathieu Camenzind (AquaPlus AG)

Q-Prüfung

Datum	15.09.2023, Markus Knellwolf
Unterschrift	

Verteiler

- ebs Energie AG
- Bezirk Schwyz
- Bundesamt für Umwelt (BAFU)
- Gemeinden Ingenbohl und Schwyz
- Amt für Gewässer (AfG) & Amt für Umwelt und Energie (AUE) Kt. Schwyz
- Naturschutzorganisationen mit Einsitz in Projektgruppe: WWF, Aqua Viva
- INGE Mehrwert Muota



INHALTSVERZEICHNIS

1	Ausgangslage und Auftrag	1
1.1	Ausgangslage und Projektauslöser	1
1.2	Auftrag	1
2	Literatur / Grundlagen	2
3	Situationsanalyse	6
3.1	Projektperimeter	6
3.2	IST-Zustand	6
3.2.1	Abfluss und Abflusssdynamik	6
3.2.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	7
3.2.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	8
3.2.4	Uferbereich	9
3.2.5	Vernetzung	10
3.2.6	Biodynamik	11
3.2.7	Grundwasser und vertikale Vernetzung	11
3.2.8	Wasserqualität und Temperatur	12
3.2.9	Organismen	13
3.2.10	Anlagen und Nutzungen	16
3.2.11	Bestehende Gefahrensituation und historische Ereignisse	22
3.3	Naturzustand	25
3.3.1	Abfluss und Abflusssdynamik	25
3.3.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	26
3.3.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	27
3.3.4	Uferbereich	27
3.3.5	Vernetzung	28
3.3.6	Biodynamik	28
3.3.7	Grundwasser und vertikale Vernetzung	28
3.3.8	Wasserqualität und Temperatur	28
3.3.9	Organismen	28
3.4	Referenzzustand	29
3.4.1	Irreversible und reversible Einflüsse	29
3.4.2	Abfluss und Abflusssdynamik	30
3.4.3	Geschiebe und Feststoffdynamik	30
3.4.4	Gerinnestruktur und Morphodynamik	30
3.4.5	Uferbereich	30
3.4.6	Vernetzung	31
3.4.7	Biodynamik	31
3.4.8	Grundwasser und vertikale Vernetzung	31
3.4.9	Wasserqualität, Temperatur	31
3.4.10	Organismen	31
3.5	Defizitanalyse	32
3.5.1	Abfluss und Abflusssdynamik	32
3.5.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	32
3.5.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	32
3.5.4	Uferbereich	32
3.5.5	Vernetzung	32



3.5.6	Biodynamik	33
3.5.7	Grundwasser und vertikale Vernetzung	33
3.5.8	Wasserqualität und Temperatur	33
3.5.9	Organismen	33
4	Zieldefinition (Sollzustand)	35
4.1	Anlagen und Nutzungen (Restriktionen)	35
4.1.1	Restriktionsklassen	35
4.1.2	Projektbezogene Klassierung der Anlagen und Nutzungen	36
4.2	Ziele Hochwasserschutz	37
4.2.1	Schutzziele linke Uferseite	37
4.2.2	Schutzziele rechte Uferseite	38
4.2.3	Schutzziel ARA Schwyz	38
4.3	Ökologische Entwicklungsziele	38
4.3.1	Abfluss und Abflussdynamik	39
4.3.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	39
4.3.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	40
4.3.4	Uferbereich	40
4.3.5	Vernetzung	40
4.3.6	Biodynamik	41
4.3.7	Grundwasser und vertikale Vernetzung	41
4.3.8	Wasserqualität und Temperatur	41
4.3.9	Organismen	41
4.4	Zielsetzungen Gesellschaft und Naherholung	42
5	Massnahmenplanung	44
5.1	Variantenstudium Wasserbau	44
5.1.1	Varianten Einmündung Seeweren	44
5.1.2	Varianten im Bereich Altarm	46
5.1.3	Varianten im Gerinne der Muota	52
5.2	Hydraulische Modellierung	54
5.2.1	Software und Modellaufbau	54
5.2.2	Teilverklausung historische Wylerbrücke und Projektsohlenlage	55
5.2.3	Vorgehen und Plausibilisierung des Modells	56
5.2.4	Berechnete Szenarien	57
5.3	Geschiebehaushalt nach Projektabschluss	58
5.4	Bauliche Massnahmen	59
5.4.1	Ufertypen	59
5.4.2	Aquatische Strukturelemente	62
5.4.3	Bauliche Massnahmen Muota	63
5.4.4	Bauliche Massnahmen Seeweren	65
5.5	Raumplanerische Massnahmen	66
5.5.1	Raumbedarf nach Roulier	66
5.5.2	Festlegung des Gewässerraums	66
5.5.3	Raumplanerische Sicherung des Überlastkorridors	67
5.6	Materialbewirtschaftungskonzept	67
5.7	Landerwerb	68
5.8	Naherholung und Besucherlenkung	68
5.8.1	Variantenstudium Naherholung	68
5.8.2	Bestvariante Naherholung	70
6	Auswirkungen der Massnahmen	71



6.1	Auswirkungen auf die Umwelt	71
6.2	Hochwasserschutz und Überlastfall	71
7	Kosten	72
7.1	Kostenschätzung	72
7.2	Finanzierung und Kostenteiler	73
8	Bauvorgang	74
8.1	Bauzeit und Ausführungszeitpunkt	74
8.2	Bauablauf und Baulose	74
8.3	Erschliessung der Baustelle	74
8.4	Wasserhaltung	75
9	Wirkungskontrolle	76
9.1	Pflicht zur Wirkungskontrolle	76
9.2	Gesamtkonzept Wirkungskontrolle Muota	76
9.3	Vorschlag Indikatoren Revitalisierung	76
10	Anhang	78

1 AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG

1.1 Ausgangslage und Projektauslöser

Die Muota fliesst im Abschnitt zwischen der Entnahme des Kraftwerks Brunnen und dessen Rückgabe (Abschnitt KW Brunnen) in einem stark verbauten Gerinne. Es fehlen sowohl am Ufer wie auch in der Sohle typische Habitate. Der Uferraum ist schmal und wenig wertvoll. Der Betrieb des KW Brunnen wurde vor einigen Jahren eingestellt. Die Idee einer Konzessionserneuerung wurde vom Kraftwerkseigentümer verworfen. Sowohl das Kraftwerksgebäude als auch der Kraftwerkskanal haben ausgedient.

Die strategische Revitalisierungsplanung des Kantons [1] attestiert der Muota im Abschnitt KW Brunnen aus Sicht Natur und Landschaft einen grossen Nutzen. Entsprechend wurde der Muotaunterlauf als kantonal, prioritäres Fliessgewässer mit hohem Handlungsbedarf eingestuft [2].

Die ebs Energie AG nutzt die Muota oberhalb der Einmündung Seeweren an diversen Standorten zur Produktion von Energie aus Wasserkraft. Aktuell läuft ein Verfahren zur Konzessionserneuerung (aktuelle Konzession befristet bis 2030). Im Rahmen der Konzessionserneuerung werden die Restwasserbestimmungen saniert bzw. neu verfügt. Zudem erfolgen in Koordination mit der Neukonzessionierung die Massnahmenplanung und Umsetzung der Sanierung Wasserkraft. Wesentliche Beeinträchtigungen in den Bereichen Geschiebehalt, Fischwanderung und Schwall-Sunk werden mit baulichen und betrieblichen Massnahmen beseitigt oder minimiert.

Als Bestandteil der Konzessionserneuerung hat die ebs Energie AG ökologische Ersatzmassnahmen entlang der Muota umzusetzen. Das hier vorliegende Revitalisierungsprojekt ist für die ebs Energie AG u.a. eine solche ökologische Ersatzmassnahme. Als Ersatzmassnahme anrechenbar sind die positiven Bilanzierungspunkte im Verhältnis zu den von der ebs Energie AG getragenen Kosten.

Der Bezirk Schwyz seinerseits erfüllt mit der Umsetzung des Projekts im Abschnitt KW Brunnen seine gesetzliche Revitalisierungspflicht als zuständige Revitalisierungsbehörde.

1.2 Auftrag

Mit Schreiben vom 26.10.2022 hat die Bauherrengemeinschaft der ebs Energie AG und dem Bezirk Schwyz der INGE Mehrwert Muota den Auftrag für die Ausarbeitung der SIA-Phasen 31-33 des Revitalisierungsprojekts an der Muota im Abschnitt KW Brunnen erteilt.

2 LITERATUR / GRUNDLAGEN

- [1] Amt für Wasserbau Kt. Schwyz, «Strategische Revitalisierungsplanung,» Dezember 2014.
- [2] Amt für Wasserbau, «Handlungsbedarf an den Fliessgewässern des Kantons Schwyz,» Kanton Schwyz, 2020.
- [3] GEOTEST AG, beffa tognacca, «Naturgefahrenkarte Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord,» Einsiedeln / Schwyz, Dezember 2007.
- [4] Bundesamt für Umwelt (BAFU), «BAFU-Messstation Ingenbohl,» [Online]. Available: <https://www.hydrodaten.admin.ch/de/seen-und-fluesse/stationen-und-daten/2084>. [Zugriff am 12 07 2023].
- [5] AquaPlus AG, «Muotakraftwerke Restwasserbericht. Fachbericht Hydrologie,» Im Auftrag der ebs Energie AG. 123 S., Anhang, 2021.
- [6] AquaPlus AG, B+S AG, «Muotakrafwerke. Restwasserbericht (RWB),» ebs Energie AG, Schwyz, 2018.
- [7] Beffa tognacca, «Sanierung Geschiebehaushalt Muota – Studie über Art und Umfang von Massnahmen,» Steinen, November 2018.
- [8] BAFU (Hrsg.), «Schwemmholz in Fliessgewässern. Ein praxisorientiertes Forschungsprojekt,» Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr. 1910: 100 S., Bern, 2019.
- [9] Amt für Geoinformation, Kanton Schwyz, «Geoportal WebGIS,» [Online]. [Zugriff am 2023].
- [10] BAFU (Hrsg.), «NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fliessgewässer,» Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr. 1327: 72 Seiten sowie Anhang mit den Messstellenblättern, Bern, 2013.
- [11] BAFU (Hrsg.), «Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014,» Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 Seiten, Bern, 2016.
- [12] Hürlimann J., Niederhauser P., «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend),» Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Vollzug Nr. 0740, 130 S, Bern, 2007.

- [13] Stucki, P., Knispel, S., Vicentini, H., Wagner, A. , «NAWA TREND, Rapport sectoriel macrozoobenthos, final campagne 2012 et campagne complémentaires 2011-2014. Expertenbericht,» Bundesamtes für Umwelt, Bern, 2015.
- [14] Stucki, P., Knispel, S., «NAWA TREND Biologie, Fachbericht Mekrozoobenthos und Äusserer Aspekt, 2. Kampagne (2015),» Bundesamt für Umwelt, 2017.
- [15] AquaPlus AG, «Vorabzug Restwasserbericht Kraftwerk Brunnen. Ohne Anhang,» ebs Energie AG, 18.12.2013.
- [16] AquaPlus AG, «Muotakraftwerke UVB Teilprojekt 4, KW Bisisthal, KW Muota, KW Wernisberg, KW Ibach. Fachbericht Oberflächengewässer und Grundwasser. 252 S., mit Anhängen,» ebs Energie AG, 2021.
- [17] AquaPlus AG, B+S AG, AF CONSULT, «Muotakraftwerke - Sanierungsbericht Schwall-Sunk - KW Wernisberg, KW Hinterthal und KW Bisisthal. 286 S. + Anhang,» ebs Energie AG, 2021.
- [18] BAFU (Hrsg.), «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend),» Bundesamt für Umwelt, Version vom 24. November 2006., Bern, 2007b.
- [19] BAFU (Hrsg.), «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt,» Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Vollzug Nr. 0701, 43 S, Bern, 2007a.
- [20] Känel, B., Göggel, W., Weber, C. und Meier, W. , «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer Vegetation im Kanton Zürich,» Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Abteilung Gewässerschutz. 102 S., 2010.
- [21] Frutiger A., Sieber U. , «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer, Makrozoobenthos - Stufe F,» BUWAL (Hrsg.). 51 S, Entwurf Stand März 2005.
- [22] IUB Engineering AG, «Vorprojekt KW Brunnen. Technischer Bericht. Vorabzug 21.10.2013. 44 S.,» 2013.
- [23] Tiefbauamt Kt Schwyz, Abteilung Strategie und Entwicklung, «Kantonales Radroutenkonzept,» Schwyz, 2015.
- [24] R+K Büro für Raumplanung AG, «Kantonaler Nutzungsplan Entwicklungsachse Urmiberg. Teil Brunnen Nord.,» Kanton Schwyz. Volkswirtschaftsdepartement, Schwyz, 12.05.2016.
- [25] Meier+Cie AG, Blickwinkel AG, «NOVA,» HRS Real Estate AG, 2018. [Online]. Available: www.novabrunnen.ch. [Zugriff am 08 20 2023].

- [26] GEOTEST AG / beffa tognacca , «Naturgefahrenkarte Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord,» Einsiedeln/Schwyz, Dezember 2007.
- [27] Basler & Hofmann AG, «Aktennotiz Natürliche Gerinnesohlenbreite, AN_07776.000-001,» Kriens, 24.11.2022.
- [28] Gasser, J., «Geologie und Geotope im Kanton Schwyz. 200 Millionen Jahre Erdgeschichte. Region: Arth – Goldau – Lauerz – Seewen – Ibach – Brunnen,» 2003.
- [29] Delarze R., Gonseth Y., Eggenberg S., Vust M. , «Lebensräume der Schweiz. Ökologie - Gefährdung - Kennarten,» 456 S, 2015.
- [30] BAFU (Hrsg.), «Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume,» Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S., Bern, 2019.
- [31] Rust-Dubié, C., Schneider, K., Walter, T. , « Fauna der Schweizer Auen - Eine Datenbank für Praxis und Wissenschaft.,» Zürich, Bristol-Schriftenreihe Band 16. Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Wien. 214 Seiten., 2006.
- [32] Von Tschudi, F. , «Das Thierleben der Alpenwelt,» Nachdruckdes Originals. Salzwasserverlag. S. 528, 1886.
- [33] Service conseil Zones alluviales (SCZA) und CSD Ingénieurs SA. Paccaud G., Ghilardi T. und Roulier C., «Gewässerraum für grosse Fliessgewässer in der Schweiz,» Yverdon-les-Bains, 2019.
- [34] Tonolla D., Chaix O., Meile T., Zurwerra A., Büsser P., Oppliger, S., Essyad K. , «Schwall-Sunk - Massnahmen. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer,» Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Vollzug Nr. 1701. 133 S, Bern, 2017.
- [35] BAFU (Hrsg.), «Schwemmholz in Fliessgewässern. Ein praxisorientiertes Forschungsprojekt,» Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr. 1910: 100 S, Bern, 2019.
- [36] BAFU (Hrsg.), «Hochwasserschutz an Fliessgewässern,» Bundesamt für Umwelt. Wegleitung, 2001.
- [37] Kanton Schwyz, RRB Nr. 324/2010, «Naturgefahren im Kanton Schwyz. Kantonale Naturgefahrenstrategie,» Schwyz, 23.03.2010.
- [38] AFRA Schweiz AG, «Umnutzung ehemaliges Zementwerkareal Brunnen, Projekt Nova Brunnen. Verbauung Muota Wuhrkorporation Muota und Starzlen. Technischer Bericht.,» HRS Real Estate AG, Frauenfeld, 21.05.2021.

- [39] Reichmuth Th. (Bezirk Schwyz), *Fachgruppe Naherholung und Langsamverkehr, Aktennotiz Sitzung Nr. 01*, 14.03.2023.
- [40] Leite Ribeiro M., Blanckaert K., Boillat J.-L., Schleiss, A., *Lokale Aufweitung von Seiteneinmündungen. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. Merkblatt Nr. 5*, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2012.
- [41] AquaPlus AG, UVB / SNP Muotakraftwerke. *Ersatzbedarf und AusgleichsmassnahmenMassnahmen. Massnahmenblatt Altarm UW Kanal Nr. M2a*, ebs Energie AG, 2021.
- [42] EPFL, LCH - labratoire de constructions hydrauliques, *Muotaholzbrücke Wylen Modellversuche. Abklärung der Verklausungsgefahr*, Lausanne: Gemeinde Ingenbohl, 2007.
- [43] Knellwolf M. (Kissling + Zbinden AG), *Protokoll Projektgruppensitzung Nr. 04 vom 29.06.2023, Festlegung GWR*, 08.07.2023 .
- [44] R+K Büro für Raumplanung AG, *Zonenplan Siedlung*, Gemeinde Ingenbohl, 2021.
- [45] BAFU (Hrsg.), «Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020–2024. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller,» Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Vollzug Nr. 1817: 294 S., Bern, 2018.
- [46] Bundesamt für Umwelt (BAFU), *Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020 – 2024. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller.*, Bern: Umwelt-Vollzug Nr. 1817: 294 S, 2018.
- [47] Kraftwerke Oberhasli AG, *Gesamtkonzept Wirkungskontrolle Muota. Schlussbericht.*, Innertkirchen, 1.6.2023.
- [48] AquaPlus AG, B+S AG, AF CONSULT, «Muotakraftwerke. Sanierungsbericht Schwall-Sunk. KW Wernisberg, KW Hinterthal und KW Bisisthal,» ebs Energie AG, Schwyz, 2021.
- [49] AquaPlus AG, «Muotakraftwerke. Schwall Sunk Sanierung KW Wernisberg. Beurteilung Sunkabfluss,» ebs Energie AG, Schwyz, 2018.

3 SITUATIONSANALYSE

3.1 Projektperimeter

Der Projektperimeter erstreckt sich von kurz oberhalb der Einmündung der Seeweren (ca. Gewiss Adresse 3097) bis kurz vor der historischen Wylerbrücke (Gewiss Adresse 1445) und schliesst den Ober- sowie den Unterwasserkanal des Kraftwerks Brunnen mit ein. Dies ergibt einen Abschnitt von rund 1.8 km Länge. Die Abbildung 1 stellt den Projektperimeter dar.

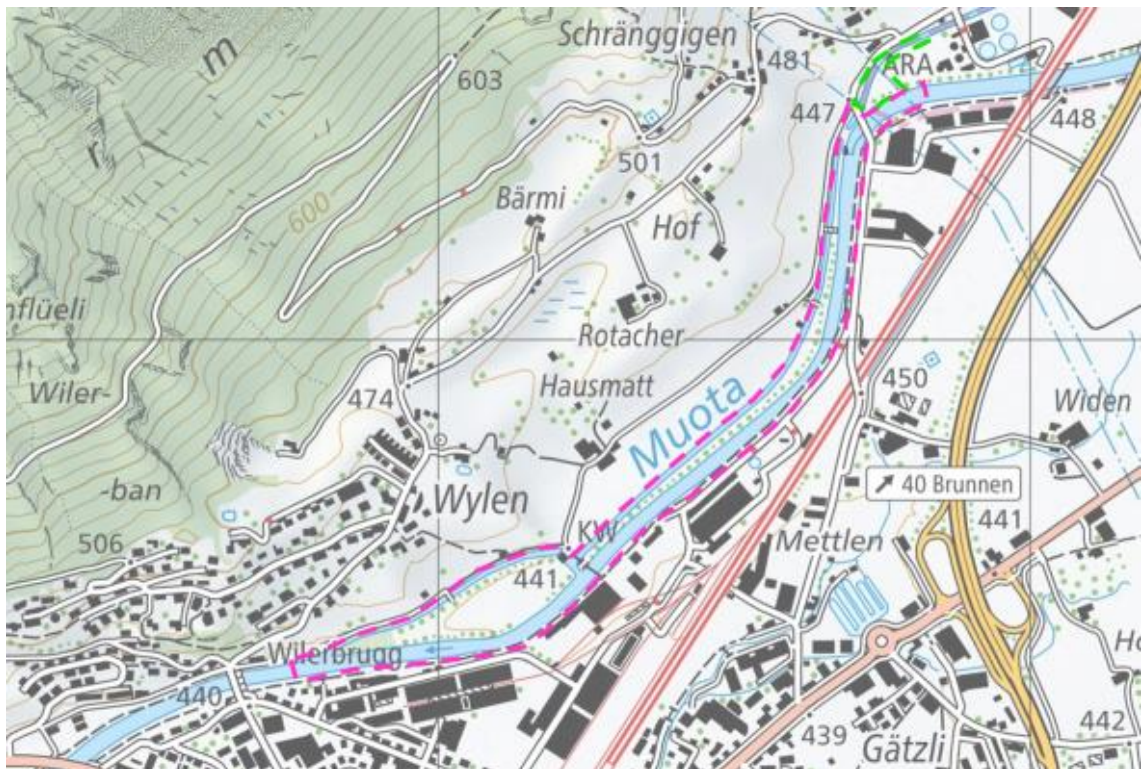


Abbildung 1: Projektperimeter, rosa gestrichelt Zuständigkeitsbereich ebs & Bezirk, grün gestrichelt Zuständigkeitsbereich Bezirk.

3.2 IST-Zustand

3.2.1 Abfluss und Abflussdynamik

Die Abflusswerte der Muota und der Seeweren können der Gefahrenkarte Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord [3] und der Hochwasserstatistik der BAFU-Messstation Ingenbohl (Beobachtungsperiode 1917 – 2018) [4] entnommen werden. Die Hochwasserabflüsse sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 festgehalten. Bei mehreren Angaben pro Wiederkehrperiode ist für die Projektierung der jeweils grössere Wert (fette Schrift) massgebend.

Tabelle 1: Bemessungsabflüsse Hochwasser Muota Ingenbohl

HQ ₃₀	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀	EHQ	Bemerkungen
k. A.	400 m ³ /s	480 m ³ /s	570 m ³ /s	Quelle: Naturgefahrenkarte
296 m ³ /s	365 m ³ /s	438 m ³ /s	k. A.	Quelle: Hochwasserstatistik BAFU, Messstation Ingenbohl

Tabelle 2: Bemessungsabflüsse Hochwasser Seeweren mit Nietebach

HQ ₃₀	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀	EHQ	Bemerkungen
k. A.	32 m ³ /s	40 m ³ /s	k. A.	Rückstausituation durch Muota bei Hochwasser

Für die Muota liegt der Jahresmittelwert für die Messperiode 1923 – 2019 bei maximal 28 m³/s (1970) und minimal 13 m³/s (1971). Über die gesamte Periode liegt der Jahresmittelwert bei 19 m³/s. Die gemessenen Abflusswerte schwanken zwischen 0.7 m³/s (10. Nov. 1943) und 433 m³/s (23. Aug. 2005) [4].

Durch die oberliegenden Kraftwerke wird der Abfluss der Muota im Projektperimeter massgeblich beeinflusst. Ein Vorschlag für die zukünftigen Restwassermengen nach der Neukonzessionierung der Muotakraftwerke wurde im Rahmen des Restwasserberichtes [5] hergeleitet. Miteinbezogen wurden Art. 31 – 33 aus dem GSchG inkl. Interessen für die Wasserentnahme mit saisonaler Dotierung [6].

Tabelle 3: Saisonale festgelegte Restwassermenge in l/s. Quelle: [6]

Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2'600	2'600	3'000	5'000	5'000	5'000	3'000	3'000	3'000	3'000	2'600	2'600

Der Abfluss der Seeweren wird durch den Pegelstand des unregulierten Lauerzersee, durch den Zufluss des Nietebachs und die Entwässerung aus dem Gebiet Wintersried bestimmt. Hinzu kommen Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung und der ARA-Schwyz. Gemäss der aktuell gültigen Gefahrenkarte treffen Hochwasser im Lauerzersee und an der Muota oftmals zeitlich zusammen.

3.2.2 Geschiebe und Feststoffdynamik

Geschiebe

Der Geschiebehaushalt in der Muota im Projektperimeter ist im IST-Zustand durch Wasserkraftanlagen, Geschiebesammler, Gewässerverbauungen und Kiesentnahmen stark beeinträchtigt. Im Rückstaubereich der Anlage Ibach lagern sich grössere Mengen an Geschiebe ab, weshalb seit 2006 rund 1'000 m³/a ausgebaggert werden [7].

Im Rahmen der Massnahmenstudie „Sanierung Geschiebehaushalt Muota“ wurde die Geschiebefracht durch die Beffa Tognacca GmbH erhoben [7]. Die bilanzierten Geschiebefrachten der Muota auf Höhe der Mündung der Seeweren betragen rund 5'000 m³/a. Auf Grund der Erosionstendenz der Sohle der Muota betrug der Geschiebeeintrag aus der Flusssohle im langjährigen Mittel rund 1'000 m³/a. Das Geschiebe setzt sich dabei aus rund 2/3 Kies und 1/3 Sand zusammen. Im Referenzzustand (ohne Entnahmen), wäre die Geschiebefracht rund doppelt so hoch (vgl. Abbildung 21).

Schwemmholz

Vergangene Ereignisse haben gezeigt, dass die Muota im Ereignisfall grosse Mengen an Schwemmholz mobilisieren kann. Ein grosser Teil des Schwemmholzes aus dem Einzugsgebiet wird in der Regel jedoch bei den flussaufwärts liegenden Kraftwerks- und Wehranlagen zurückgehalten. Beim Ereignis im Jahr 2005 führte die Muota jedoch auch im Abschnitt KW Brunnen (Projektperimeter) erhebliche Schwemmholzmengen mit, was zu einer Verklausung beim Fussgängersteg Husmatt führte.

Die Untersuchung vergangener Hochwasserereignisse in der Schweiz hat allgemein gezeigt, dass die Menge an Schwemmholz während eines Hochwassers erheblich schwanken kann [8]. Daten zu Schwemmholz oder Mengenabschätzungen zur Bestimmung des Schwemmholzpotenzials und -eintrags im Projektperimeter, etwa nach dem Modell *WoodFlow*, liegen nicht vor. Weiter wurden im Rahmen des hier vorgelegten Projekts auch keine eigenen Abschätzungen zum Schwemmholzpotenzial und zu allfälligen Schwemmholzmengen vorgenommen. Bei der Projektierung, insbesondere von Brücken, wird jedoch mit Schwemmholz gerechnet.



Abbildung 2: Schwemmholzansammlung am Technikgebäude beim Einlauf Oberwasserkanal, Ereignis 23.08.2005, Quelle: Fotoalbum Hochwasser August 2005, Holcim Schweiz AG

3.2.3 Gerinnestruktur und Morphodynamik

Im IST-Zustand wird die Muota durch Anlagen und Gewässerverbauungen geprägt. Das Gerinne ist im heutigen Zustand kanalisiert, wodurch die Form des Gerinnes monoton und weit von einem ursprünglichen, gewundenen Gerinne mit Bänken entfernt ist. Durch die monotone Gerinneform und fehlende Strukturen sind grösstenteils gleichmässige Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten auszumachen.

Die Kartierung des ökomorphologischen Zustandes zeigt für die Muota im Abschnitt KW Brunnen einen stark beeinträchtigten Natürlichkeitsgrad. Die Breite der Gewässersohle wird mit 30 m Breite und die Variabilität in Breite und Tiefe als eingeschränkt bzw. mässig bezeichnet. Die Sohle ist vereinzelt verbaut, der Böschungsfuss links und rechts überwiegend hart verbaut. Für den Oberwasserkanal wird dem Gewässer ein naturfremder/künstlicher Natürlichkeitsgrad zugewiesen [9].

Schotterbänke, Niederwasserrinnen, Inseln, Seitenarme und Uferabbrüche kommen im betrachteten Perimeter der heutigen Muota nicht vor.

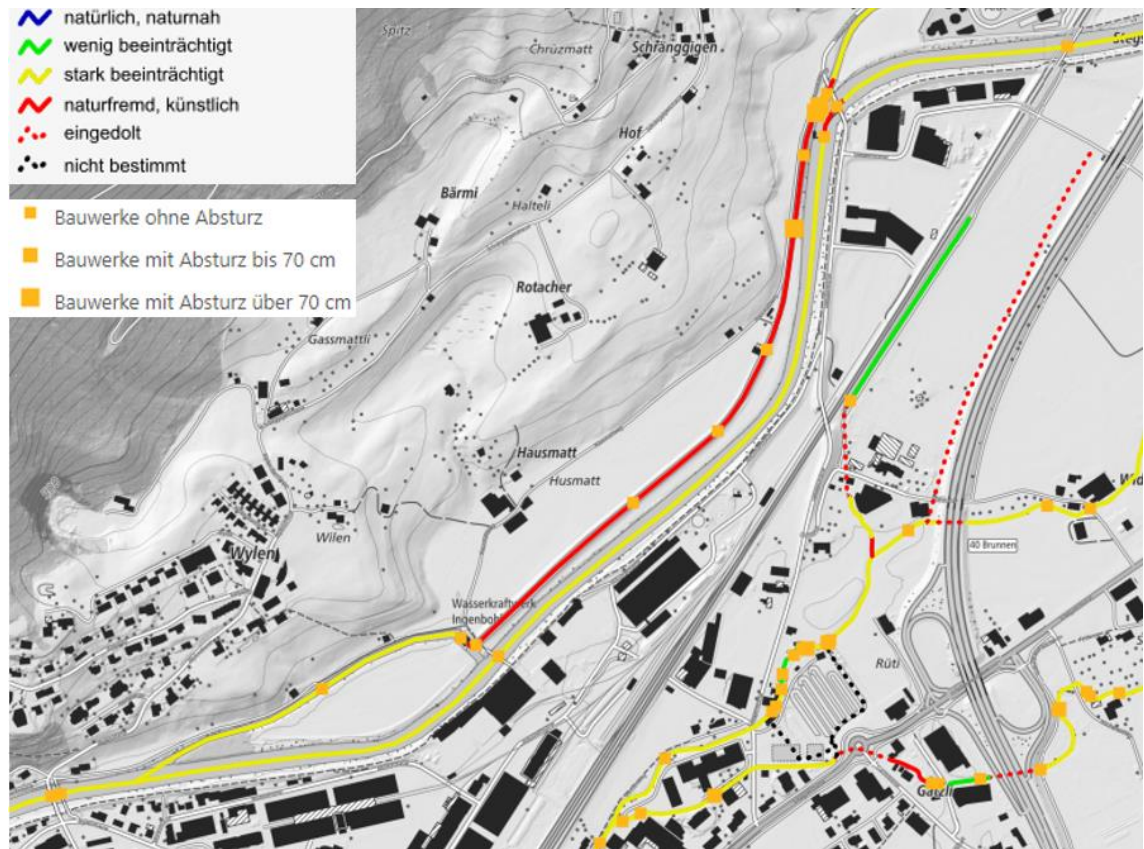


Abbildung 3: Ausschnitt der Karte Ökomorphologie (inkl. Legende). Quelle: [9]

3.2.4 Uferbereich

Die Muota fliesst auf dem gesamten Projektperimeter in einem kanalisierten Gerinne. Die Ufer sind grösstenteils beidseitig mit Blocksatz gesichert. Auf der linken Seite ist der Uferverbau mehrheitlich in einem intakten Zustand. Im Bereich des Fussgängerstegs Husmatt (Abschnitt Gewiss Adresse 1980 – 2330) ist der linksufrige Blocksatz in einem mässigen Zustand (fehlende Blöcke, teilweise hinterspült).

Auf der rechten Uferseite ist kein durchgehender Blocksatz vorhanden. Wo ein Blocksatz existiert, ist er intakt. Der bestehende Blocksatz ist auf dem Situationsplan dargestellt.



Abbildung 4: Kollabierter Blocksatz linksufrig ca. bei Gewiss-Adresse 2311

Die Ufer der Muota sind durchgehend mit Sträuchern und abschnittsweise mit grösseren Bäumen bestockt. Der Grossteil des linken Ufers ist als Wald festgelegt (Gewiss Adresse 1543 - 2930). Ebenso der Spitz der Insel im Bereich der Mündung des Unterwasserkanals und ein Teil des angrenzenden rechten Ufers der Muota bis zum Kraftwerk Brunnen (Gewiss Adresse 1528 – 1879).

Der Oberwasserkanal ist durchgehend in einer Betonschale geführt. Die Ufer sind nicht bestockt. Der Unterwasserkanal ist auf der rechten Seite durch eine Beton- oder eine Blocksteinmauer begrenzt. Diese ist grösstenteils überwachsen. Vereinzelt bestehen Sträucher. Das linke Ufer des UK-Kanals ist durch einen Blocksatz verbaut und mit Sträuchern bestockt.

3.2.5 Vernetzung

Die Durchwanderbarkeit in der Muota ist für Organismen (Fische und Invertebraten) durch Schwall-Sunk beeinträchtigt, es kommen jedoch vom Vierwaldstättersee bis zum Projektperimeter keine Hindernisse vor. Das Wehr des KW Brunnen ist das erste Bauwerk, welches in der Muota die aquatische Längsvernetzung beeinträchtigt. Bei geringem Abfluss, wenn alles Wasser über die Wehrklappe abfliesst, wirkt das Wehr als komplettes Wanderhindernis. Bei höherem Abfluss und ausreichender Benetzung des Umgehungsgerinnes am linken Ufer ist die Fischgängigkeit hingegen gegeben, zumindest für schwimmstarke Fische wie z.B. Seeforellen.



Abbildung 5: Wanderhindernis Wehr KW Brunnen mit einer Spundwandabtrennung zwischen dem Wehr und dem Umgehungsgerinne, Fotos: K+Z AG

Die nächste wesentliche Beeinträchtigung der Durchgängigkeit besteht erst wieder durch das Entnahmewehr des KW Ibach (Muotaschwelle). Die Seeweren ist für aquatische Organismen bis zum Lauerzersee durchgängig.

Die Ufer der Muota sind vom Vierwaldstättersee bis zum Projektperimeter und weiter bis zur Muotaslucht – mit Ausnahmen in Ibach – durchgehend bestockt, in ihrer seitlichen Ausdehnung allerdings begrenzt. Durch ihre naturnahe Ausprägung wird aber dennoch eine eingeschränkte terrestrische Längsvernetzung für amphibische und terrestrische Organismen ermöglicht. Die Bestockung entlang der Seeweren ist zum Teil lückenhaft oder ganz fehlend und es kommen auch künstliche Uferabschnitte vor. Auch hier ist die terrestrische Längsvernetzung also eingeschränkt.

Die Ufer der beiden Fliessgewässer sind begradigt, befestigt und steil verbaut, die Uferbereiche ökomorphologisch ungenügend ausgeprägt (vgl. Kapitel 3.2.3, Abbildung 3). Die seitliche Vernetzung, also die Verzahnung des Gewässers mit dem Umland, ist dadurch stark eingeschränkt. Durch die Kraftwerkskanäle mit senkrechten Betonmauern wird die Quervernetzung von der Muota Richtung Urmiberg nahezu vollständig unterbunden.

3.2.6 Biodynamik

Die Biodynamik, also die natürlicherweise fortlaufende Sukzession innerhalb von Lebensgemeinschaften (Flora und Fauna), ist in der Muota im betrachteten Abschnitt durch den harten Gewässerverbau, den Schwall-Sunk Abfluss und die intensive Nutzung der Uferbereiche weitestgehend unterbunden. Biber kommen heute am Muotaunterlauf und in der Seeweren keine vor.

3.2.7 Grundwasser und vertikale Vernetzung

Der Projektperimeter liegt am nordwestlichen Rand der ausgedehnten Talebene (Felderboden) von Schwyz-Ibach-Brunnen. Die kanalisierte Muota folgt hier dem Hangfuss des Urmibergs. Der felsige Untergrund dieser Talflanke fällt steil in südöstlicher Richtung ab und dürfte unter dem heutigen Gerinne bereits in grosser Tiefe von einigen Zehnermetern liegen. Nur entlang des untersten Abschnitts der Seeweren verzeichnet der geol. Atlas d. Schweiz (Blatt Rigi) einige Aufschlüsse mit vorherrschend weichen Tonsteinen. Über dem Felsen folgt eine mächtige Talfüllung aus eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Lockergesteinen, welche das bedeutsame Grundwasservorkommen Felderboden beherbergt. Als Aquifer wirken die sogenannten Muota-Schotter. Hierbei handelt es sich um eine Abfolge kiesig-sandiger, teils auch sehr grobkörniger, Fluss- und Deltaablagerungen, welche während der Nacheiszeit von der Muota in den dadurch sukzessive kleiner werdenden Vierwaldstättersee geschüttet wurden. Darüber liegt eine geringmächtige Deckschicht aus feinkörnigen Überschwemmungs- und Sumpfablagerungen, welche örtlich von künstlicher Aufschüttung bedeckt sind.

Die Muota wirkt heute (Ist-Zustand) entlang des gesamten Projektperimeters als Infiltrant, d.h. es kommt zu einem Übertritt von Fluss- ins Grundwasser und somit zu einer vertikalen Vernetzung zwischen Fluss- und Grundwasser. Diese dürfte durch

Verbauungsmassnahmen, natürliche Kolmation sowie allenfalls vorhandene, schlecht durchlässige Überschwemmungs- und Sumpfablagerungen zwischen Gerinne und Grundwasserträger zumindest örtlich etwas eingeschränkt sein. Neben dieser Infiltration von Flusswasser (hauptsächlich im Abschnitt, wo die Muota das Tal quert) erfolgt die Grundwasserneubildung im Felderboden-Aquifer durch lokalen Niederschlag sowie Zuflüsse aus der Lockergesteinsdecke des nördlichen Hangbereichs; lokal können auch Karstwasserzuflüsse nicht ausgeschlossen werden. Generell fliesst das Grundwasser ca. aus nordöstlicher Richtung nach Südwesten zum See hin, welcher den regionalen Vorfluter bildet. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt gemäss kantonaler Grundwasserkarte zwischen ca. 441.4 m ü. M. im Nordosten und ca. 437.0 m ü. M. im Südwesten.

Das Grundwasservorkommen ist insbesondere im Bereich Ibach und südwestlich daran sehr mächtig (bereichsweise über 20 m Grundwassermächtigkeit) und für die Trinkwassernutzung von grosser Bedeutung. Aufgrund der Talverengung auf Höhe Ingenbohl und der hier aufsteigenden Lage des Grundwasserstauers tritt das Grundwasser in Form von Giessen an die Oberfläche.

3.2.8 Wasserqualität und Temperatur

An der Muota bei Ingenbohl liegt eine Untersuchungsstelle, an welcher 2012 und 2015 im Rahmen von NAWA TREND [10], [11] die biologische Wasserqualität beurteilt wurde. In beiden Jahren lag der DI-CH (Kieselalgenindex Schweiz) [12] im sehr guten Bereich. Es ist im Allgemeinen von einer guten Wasserqualität auszugehen.

Das Jahresmittel der Wassertemperatur liegt für die Periode 1974 – 2019 bei 7.4 °C. Mit 8.1 °C wurde im Jahr 2018 ein Maximum erreicht, das kleinste Jahresmittel von 6.7 °C ist von 1975. Wie generell in den Schweizer Oberflächengewässern steigt auch die Wassertemperatur in der Muota (Messstation 2084 bei Ingenbohl, BAFU). Der Schwall-Sunk Abfluss hat einen Einfluss auf die tageszeitlichen Schwankungen. Die Monatsmittel sind in Abbildung 6 dargestellt, der Jahresverlauf in Abbildung 7.

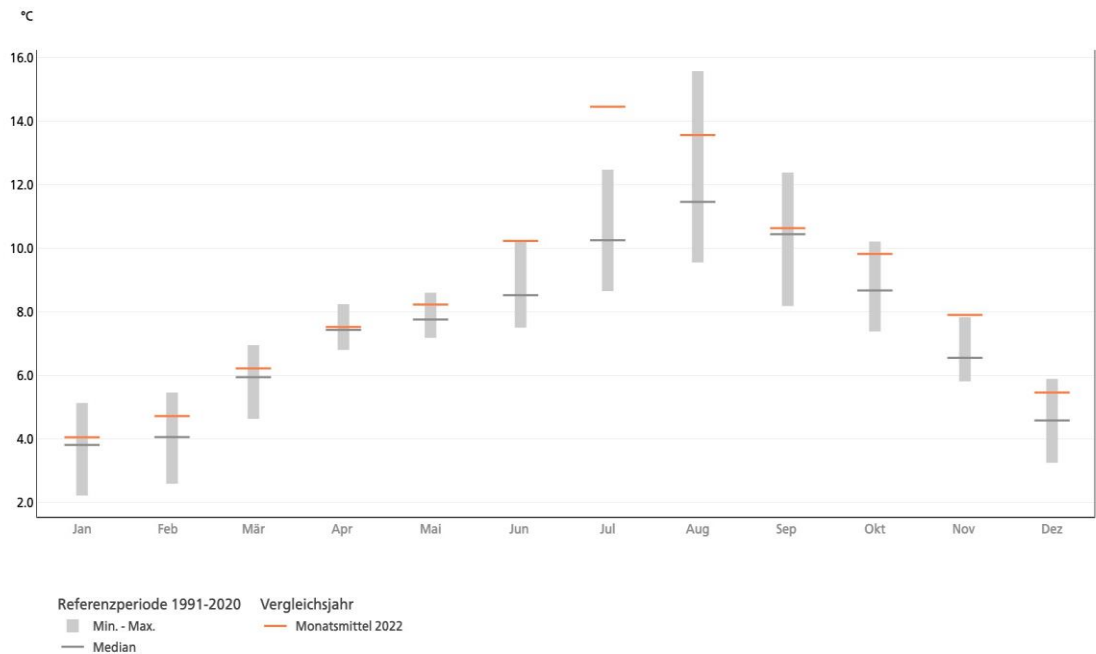


Abbildung 6: Monatsmittel der Wassertemperatur in der Muota für die Referenzperiode 1991 – 2020 und das Vergleichsjahr 2022. Quelle: BAFU, Messstation 2084 bei Ingenbohl, online am 11.7.2023.

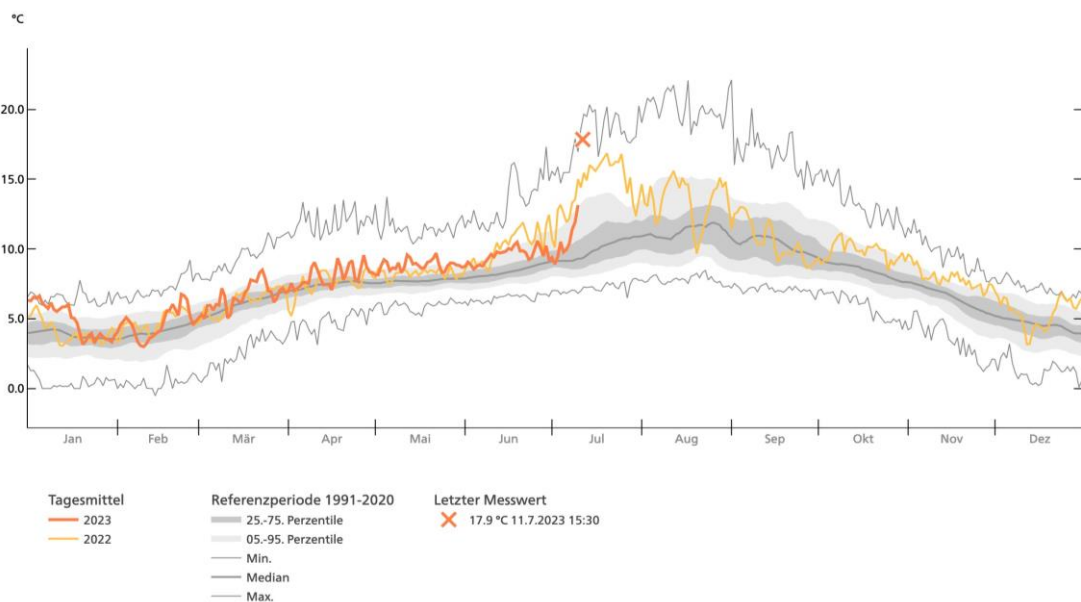


Abbildung 7: Jahresverlauf der Tagesmittel der Wassertemperatur in der Muota. Vergleich der Referenzperiode 1991 – 2020 mit den Jahren 2022 und 2023. Angabe des letzten Messwerts vom 11.7.2023 um 15:30. Quelle: BAFU, Messstation 2084 bei Ingenbohl, online am 11.7.2023

3.2.9 Organismen

Kieselalgen und Algen der Gewässersohle

Der Pflanzliche Bewuchs sowie die Kieselalgen in der Muota, der Seeweren und dem Unterwasserkanal wurden an verschiedenen Stellen im Rahmen von NAWA TREND [13], [14], Dufur (Dufur Kanton Schwyz) und durch die ebs Energie AG [15], [16], [17] gemäss den BAFU Modulen Kieselalgen [18] und Äusserer Aspekt [19] untersucht. Die Kieselalgen zeigten für die Muota eine «gute» bis «sehr gute» Wasserqualität auf. In der

Seeweren sowie im Unterwasserkanal wurde bezüglich der Kieselalgen eine «gute» Wasserqualität festgestellt. Bezüglich des Algenbewuchses wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 überall erfüllt.

Wasserpflanzen

Die Wasserpflanzen (submerse höhere Pflanzen und Moose) wurden 2012 und 2015 im Rahmen von NAWA TREND [13], [14] mit der Zürcher Methode [20] untersucht. Die Muota als Gewässer des Typs «Submersenbach¹» wies 2015 eine nicht standortgerechte Wasserpflanzenvegetation mit einer reduzierten Artenvielfalt auf, was zu einer Gesamtbewertung von «mässig» (Klasse 3 von 4) führt. Bei der Untersuchung 2012 war die Gesamtbewertung «schlecht».

Wald und Ufergehölze

Im Projektperimeter kommt zwischen der Muota und dem Ende des Unterwasserkanals auf einer Fläche von ca. 2'500 m² Wald vor. Die geschlossenen Gehölzstreifen entlang der Ufer gelten als Ufervegetation im Sinne von NHG Art. 21 Abs. 1. Über die Standortgerechtigkeit der vorkommenden Gehölze ist nichts bekannt.

Terrestrische Flora und Fauna

Es kommen im Gebiet kommunale Naturschutz zonen und inventarisierte Einzelobjekte (Hecken) vor. Zur terrestrischen Flora liegen jedoch keine spezifischen Grundlagen vor. Ein Amphibien-Wanderobjekt von nationaler Bedeutung (Objekt SZ167, Steinbruch Nägeli) liegt in der Nähe. Der Perimeter befindet sich ausserdem in einem kantonalen Reptilienvorranggebiet, welches als Kerngebiet «K6 Urmiberg-Wylen-Halten» festgelegt wurde. Informationen zu Artvorkommen, insbesondere von Rote Liste-Arten oder national prioritäre Arten (Laufkäfer, Krebse, Grossmuscheln, Vögel, Säuger usw.) liegen aktuell keine vor.

Wasserwirbellose

Die Wasserwirbellosen in der Muota, der Seeweren und dem Unterwasserkanal wurden an verschiedenen Stellen im Rahmen von NAWA TREND [13], [14], Dufur (Dufur Kanton Schwyz) und durch die ebs Energie AG [15], [16], [17] gemäss den BAFU Modulen Makrozoobenthos [21] untersucht. Die Wasserwirbellosenindices wiesen grundsätzlich auf eine gute Wasserqualität (Makroindex «gut» bis «sehr gut») aber eingeschränkte Habitatvielfalt (IBCH «schlecht» bis «gut») hin. Die eingeschränkte Habitatvielfalt wird auf die monotone Morphologie sowie die Schwall-Sunk Verhältnisse zurückgeführt. In der Seeweren und im Unterwasserkanal zeigten die Wasserwirbellosenindices eine «unbefriedigende» bis «gute» biologisch indizierte Gewässerqualität an, was am Einfluss des Lauerzersees und an der Siedlungsentwässerung (ARA Schwyz) liegt.

¹ Die dominierende Pflanzengruppe in diesem Vegetationstyp sind submerse Pflanzen, die aufgrund ihrer Wuchsform höhere Strömungsgeschwindigkeiten ertragen können. Daneben sind auch Helophyten weit verbreitet, aufrechtstehende Gefässpflanzen, deren Stängel, Blätter und Blütenstände sich über die Wasseroberfläche erheben und die im Sediment verwurzelt sind. Diese Helophyten besiedeln hauptsächlich den Uferbereich und strömungsberuhigte Bereiche. Zudem wachsen verschiedene Moosarten auf größeren Steinen der Gewässersohle oder auf den häufig vorhandenen Uferverbauungen.

Fische

Die Muota in der Talebene markiert den Übergangsbereich zwischen der unteren Forellenregion und der Äschenregion. Sie liegt auch im Einflussbereich der Seeweren, des Lauerzersees und des Vierwaldstättersees. In diesem Abschnitt, zwischen dem Rückgabepunkt des Kraftwerks Wernisberg und dem Vierwaldstättersee, wurden insgesamt 17 verschiedene Fischarten nachgewiesen (siehe Tabelle 4, [16]).

Entlang des gesamten Gewässers kommen die beiden Ökotypen der Forelle vor: die stationäre Form, die Bachforelle, und der wandemde Typ, die Seeforelle. Die Anzahl der vorkommenden Fischarten nimmt in Richtung Vierwaldstättersee und unterhalb der Seewerenmündung zu. Obwohl es hydrologische und morphologische Beeinträchtigungen gibt, ist dieser Abschnitt der Muota von großer Bedeutung für die Fischerei und zählt zu den wichtigsten Fischereistrecken im Kanton Schwyz.

Basierend auf einer Befischung von vier Abschnitten [16] wurden folgende Erkenntnisse festgestellt: Es gibt deutliche Defizite in Bezug auf die Artenzusammensetzung, eine extrem niedrige Bestandsdichte, eine fehlende oder sehr geringe natürliche Fortpflanzung sowie eine deutliche Abweichung von der natürlichen Populationsstruktur. Aufgrund der geringen Anzahl gefangener Fische wird allen Abschnitten ein schlechter fischökologischer Zustand zugeschrieben. Auch die Seeweren weist im Unterlauf hinsichtlich der Fischgemeinschaft deutliche Defizite auf [15].

Tabelle 4: Vorkommende Fischarten in Muota und Seeweren. Typische Arten sind fett hervorgehoben (Angaben aus dem Schwyzer Fischatlas, AquaPlus 2002, ergänzt durch Angaben aus Elektrofischungen der Jahre 2012 und 2013 (AquaPlus, 2021, angepasst).

Art	Ort	Bestand	Rote Liste	Quelle
Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	1), 2), 3)	°	CR	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2013
Alet (<i>Squalius cephalus</i>)	1), 2), 3)	° – +++	LC	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2013
Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>)	1), 3)	? – °	EN	Schwyzter Fischatlas 2002
Bach-/Seeforelle (<i>Salmo trutta</i>)	1), 2), 3)	+ – ++	NT / EN	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2012 und 2013
Bachsaibling (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	1)	?	NA	Schwyzter Fischatlas 2002
Barbe (<i>Barbus barbus</i>)	1), 2), 3)	? – +++	NT	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2013
Brachsmen (<i>Abramis brama</i>)	3)	+++	LC	Schwyzter Fischatlas 2002
Egli (<i>Perca fluviatilis</i>)	3)	+++	LC	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2013
Groppe (<i>Cottus gobio</i>)	1), 2)	°	NT	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2013
Gründling (<i>Gobio gobio</i>)	1), 3)	° – +++	LC	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2012
Hasel (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	3)	+++	LC	Schwyzter Fischatlas 2002
Laube (<i>Alburnus alburnus</i>)	1), 3)	? – +++	LC	Schwyzter Fischatlas 2002
Regenbogenforelle (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	1)	?	NA	Schwyzter Fischatlas 2002
Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i>)	1), 2), 3)	°	LC	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2012 und 2013
Schleie (<i>Tinca tinca</i>)	3)	+	LC	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2013
Sonnenbarsch (<i>Lepomis gibbosus</i>)	3)	++	NA	Schwyzter Fischatlas 2002
Trüsche (<i>Lota lota</i>)	1), 2), 3)	? – °	LC	Schwyzter Fischatlas 2002, Befischungen 2012 und 2013

Ort

- 1) Muota zwischen Vierwaldstättersee und Rückgabe KW Wernisberg
- 2) Unterwasserkanal des KW Brunnen
- 3) Seeweren

Bestandesgrösse

- ° Einzelfund (1-200 Ind/ha)
- + klein (201-1000 Ind/ha)
- ++ mittel (1001-5000 Ind/ha)
- +++ gross (>5000 Ind/ha)
- ? unbekannt

Rote Liste Status (BAFU / info fauna, 2022)

- CR – vom Aussterben bedroht
- EN – stark gefährdet
- VU – verletzlich
- NT – potenziell gefährdet
- LC – nicht gefährdet
- NA – nicht einheimisch, nicht anwendbar

Die stark gefährdete (EN) Nase wurde im Ist-Zustand in der Seeweren beobachtet (info fauna 2013/2018; mündliche Mitteilung Fischereiaufseher).

3.2.10 Anlagen und Nutzungen

Die Muota fliesst im Projektperimeter durchwegs durch intensiv genutztes Gebiet. Im IST-Zustand bilden diverse Anlagen und Nutzungen Einschränkungen für eine ungehinderte Aufweitung des Gewässers.

3.2.10.1 Stillgelegtes Kraftwerk Brunnen

Im Projektperimeter liegt das vor einigen Jahren stillgelegte Kraftwerk Brunnen (KW Brunnen, vgl. Übersicht in Abbildung 8). Bei der Fassung Langensteg direkt unterhalb der Einmündung der Seeweren wird Flusswasser in den betonierten Oberwasserkanal (vgl. Abbildung 9) bis zum Kraftwerksgebäude (Zentrale, vgl. Abbildung 11), welches auf der Höhe des Fussgängerstegs Husmatt liegt, geführt. Unterhalb der Zentrale führt der Unterwasserkanal das Wasser zurück in die Muota. Bei der Zentrale besteht zudem ein Entlastungswehr über welches Wasser, ohne Dotierung des Unterwasserkanals, in die Muota rückgeführt wird (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 8: Situationsübersicht des Kleinwasserkraftwerkes Brunnen, ergänzte Abbildung aus [22]

Die Ausbauwassermenge des KW Brunnen betrug bis zur Stilllegung 15.0 m³/s, was dem Q₁₇₀ entspricht. Im ehemaligen Betriebszustand wurden 1.0 bzw. 2.0 m³/s Restwasser dotiert und 0.5 – 1.0 m³/s zur Gewährleistung der Fischdurchgängigkeit bei der Zentrale verwendet. Aktuell, d.h. seit Stilllegung des KW Brunnen, wird bei der Fassung Langensteg immer noch eine bedeutende Abflussmenge in den Oberwasserkanal geleitet. Wie gross diese Entnahmemenge genau ist, ist nicht klar. Der grösste Teil des gefassten Abflusses wird im IST-Zustand beim Kraftwerksgebäude über das Entlastungswehr in das Gerinne der Muota zurückgegeben. Der Unterwasserkanal wird nur noch mit einer kleinen Abflussmenge gespeist. Faktisch ist somit der Abschnitt der Muota zwischen der Fassung Langesteg und der Rückgabe bei der Zentrale über das Entlastungswehr, trotz der Stilllegung des KW Brunnen, immer noch eine Restwasserstrecke von ca. 0.9 km Länge.



Abbildung 9: Oberwasserkanal, Blickrichtung gegen Fliessrichtung, Fotos: K+Z AG



Abbildung 10: Unterwasserkanal, links: Blickrichtung in Fliessrichtung, rechts: Blickrichtung gegen Fliessrichtung, Fotos: K+Z AG



Abbildung 11: Kraftwerksgebäude/ Zentrale KW Brunnen (links) und Wasserrückgabe in die Muota über das Entlastungswehr (rechts), Fotos: K+Z AG, März 2023

3.2.10.2 Landwirtschaft

Auf der rechten Seite der Muota wird das Land beinahe durchgehend landwirtschaftlich genutzt. Die Fläche rechtsufrig des Oberwasserkanals und die Insel zwischen dem Unterwasserkanal und der Muota sind als Fruchtfolgefächern (FFF) klassifiziert [9].

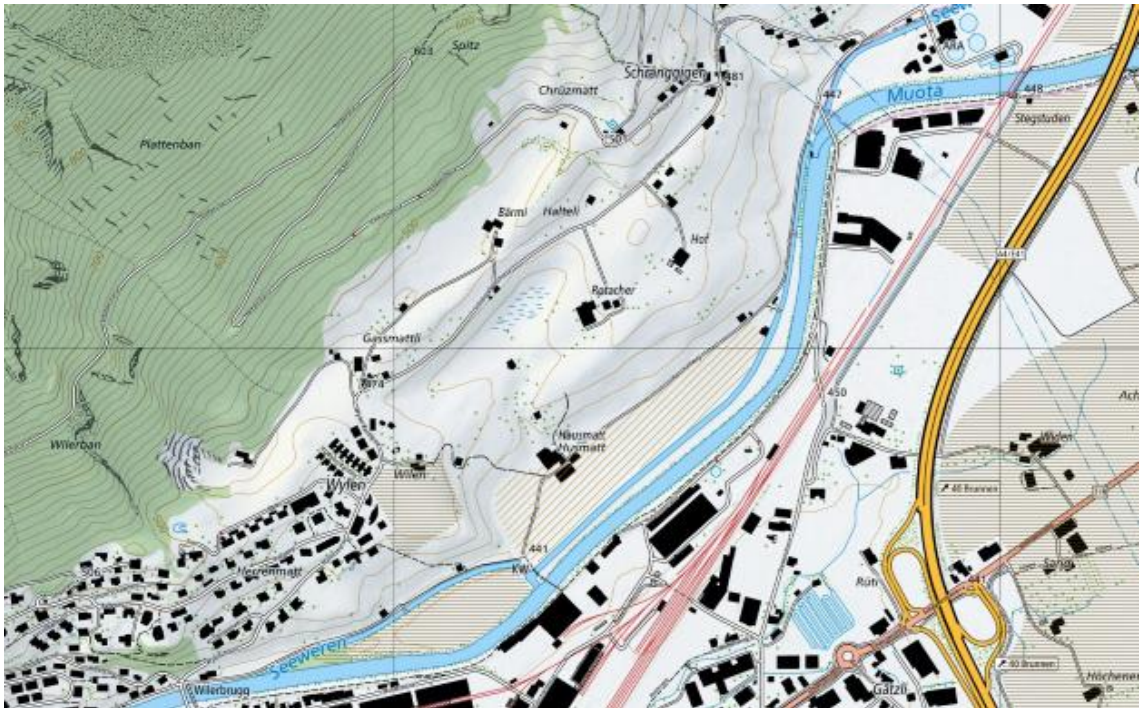


Abbildung 12: Inventar Fruchtfolgeflächen, Quelle: WebGIS [9] Stand 13.Juli 2023,

Vier landwirtschaftlich genutzte Gebäude stehen direkt am rechten Ufer des Kraftwerkkanals, zwei davon am Oberwasserkanal (Bsp. in Abbildung 13), die anderen zwei am Unterwasserkanal.



Abbildung 13: landwirtschaftliches Gebäude direkt am rechten Ufer des Oberwasserkanals zwischen Gewässernr. 2642 und 2527, Foto: K+Z AG

3.2.10.3 Wege/ Strassen, Naherholung und Langsamverkehr

Diverse Strassen und Wege führen entlang der Muota, der Seeweren und dem Kraftwerkkanal. Im oberen Teilabschnitt ist dies die Seewerenstrasse (rechts der Seeweren sowie links der Muota), der Hausmattweg (rechts des Oberwasserkanals) und die Industriestrasse (links der Muota). Im unteren Abschnitt führt jeweils ein Fussweg auf dem Hochwasserschutzdamm entlang des linken Ufers der Muota und einer entlang des rechten Ufers am Unterwasserkanal.

Die Muota im Abschnitt KW Brunnen ist ein wertvolles und viel genutztes Naherholungsgebiet. Die Brücke Langensteg, der Fussgängersteg Husmatt sowie die Wylerbrücke sind Bestandteil der Hauptwanderoute (vgl. Abbildung 14). Die Wanderwegroute führt ab der Brücke Langensteg dem linken Ufer entlang, auf dem Dammweg bis zum Steg Husmatt, wo er die Muota quert. Ab da bzw. ab der Zentrale des KW Brunnen verläuft der Wanderweg dann entlang dem UW-Kanal. Am rechten Ufer der Muota sowie am rechten Ufer des OW-Kanals verlaufen keine Uferwege.

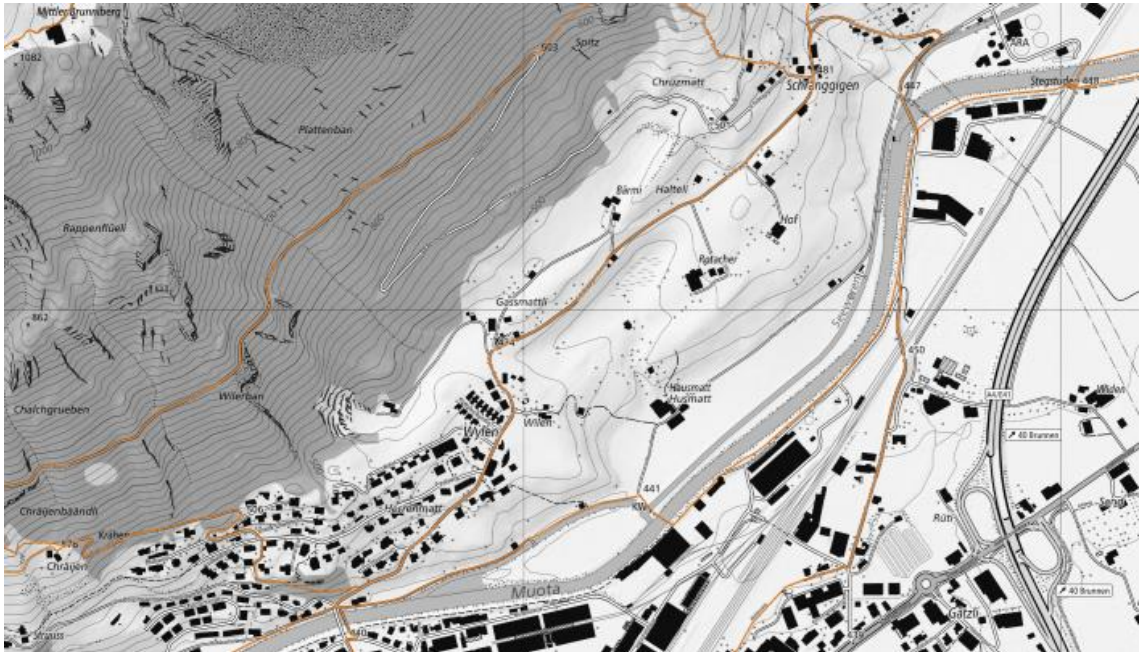


Abbildung 14: Wanderwegnetz, Auszug WebGIS [9]

Im kantonalen Radroutenkonzept (2015) sind die Velorouten ersichtlich. Einen direkten Berührungspunkt, d.h. eine Route direkt am Ufer der Muota besteht lediglich zu Beginn des Projektperimeters linksufrig im Areal des Gebiets Brunnen Nord (vgl. Abbildung 15).

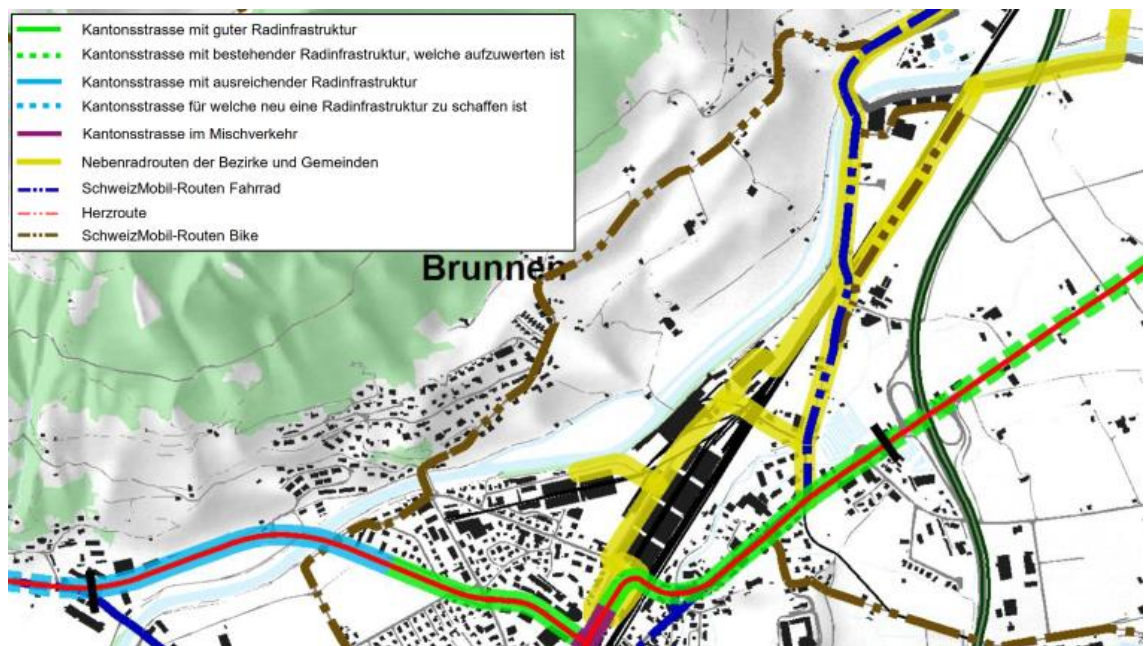


Abbildung 15: Auszug kantonales Radroutenkonzept (2015), Quelle: [23]

Der kantonale Nutzungsplan Brunnen Nord [24] regelt die Langsamverkehrsverbindung behördenverbindlich auf der linken Uferseite. Darin ist der linksufrige Dammweg ausschliesslich als Fussweg (und nicht für den Fahrradverkehr) ausgeschieden. Im Weiteren ist die Fussgängerbrücke Husmatt fester Bestandteil des kantonalen Nutzungsplans. Er definiert am rechten Ufer einen Anschlusspunkt für den Langsamverkehr.

In der Realität nutzt die Bevölkerung, neben den offiziellen Velo- und Wanderrouten auch den Hausmattweg auf der rechten Uferseite sehr rege (vgl. Abbildung 16). Der Hausmattweg ist eine private Erschliessungsstrasse der Genossame Ingenbohl und dem Eigentümer des Hofes Husmatt. Für den Weg bestehen weder Wegrechte noch behördenverbindliche Vorgaben (Wegverbindungen oder Routen). Durch die direkte Hofquerung kommt es regelmässig zu Nutzungskonflikten. Unabhängig der Eigentumsverhältnisse, der nicht vorhandenen Wegrechte und von allfälligen Haftungsfragen ist die direkte Hofquerung aus Sicherheitsgründen nicht ideal. Die landwirtschaftlichen Fahrzeuge werden in den Hallen südlich vom Weg parkiert und manövrieren beim Verlassen der Halle rückwärts auf den Husmattweg. Die Sichtverhältnisse (Sichtweiten) sind dabei, sowohl für den Lenker der landwirtschaftlichen Fahrzeuge als auch für herannahende Velofahrer, nicht ideal.

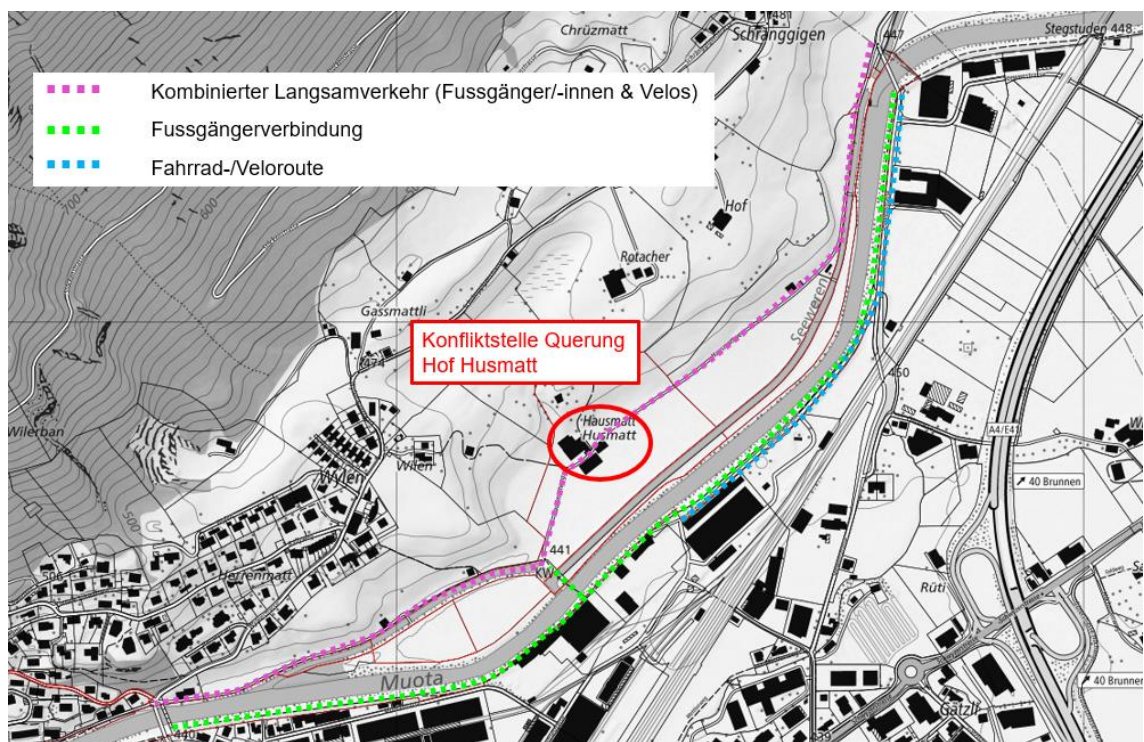


Abbildung 16: Aktuelle Nutzung der Wegverbindungen durch die Bevölkerung (gelebte Realität)

3.2.10.4 Brücken

Zwei Verkehrswege queren die Muota innerhalb des Projektperimeters. Einerseits die Brücke Langensteg (Seewenstrasse) bei der Seewerenmündung, andererseits der Fussgängersteg Husmatt beim Kraftwerk Brunnen. Für beide Brücken ist ein Ersatzneubau angedacht (Drittprojekte). Angrenzend an das untere Ende des Projektperimeters quert die historische Wylerbrücke sowie die Strassenbrücke Wylerstrasse die Muota. Bei

der historischen Wylerbrücke besteht bei Hochwasser eine Verklauungsgefahr, weshalb für die hydraulische Modellierung Verklauungsszenarien definiert wurden.

3.2.10.5 ARA

Oberhalb der Einmündung Seeweren liegt die ARA-Schwyz. Die als Sonderobjekt deklarierte Anlage liegt im Bereich des Rückstaus der Muota in die Seeweren, jedoch ausserhalb des Projektperimeters (keine baulichen Massnahmen).

3.2.10.6 Industrie- und dicht besiedeltes Wohngebiet, Projekt Nova Brunnen

Entlang des linken Ufers der Muota befindet sich das Entwicklungsgebiet des kantonalen Nutzungsplans Brunnen Nord [24] und flussabwärts angrenzend, dicht besiedeltes Wohngebiet. Die HRS Real Estate AG realisiert auf dem ehemaligen Industriegebiet über die nächsten Jahre das Projekt Nova Brunnen [25]. Auf insgesamt fünf Baufeldern entsteht ein neues, verdichtetes Wohn- und Arbeitsquartier direkt an der Muota. Das erste Baufeld ist aktuell im Bau und wird voraussichtlich Ende 2024 fertig gestellt.

3.2.10.7 Werkleitungen

Im Projektperimeter führen verschiedene Leitungstrassees entlang der Muota oder quer diese. Die bestehenden Werkleitungen sind im technischen Situationsplan dargestellt. Namentlich sind folgende Leitungsarten im Projektperimeter vorhanden und potenziell durch bauliche Massnahmen betroffen:

- Meteorwasser- und Entwässerungsleitungen (Entlastungsleitungen)
- Drainageleitungen
- Mischwasser- und Abwasserleitungen
- Unterirdische Elektroleitungen unterirdisch
- Oberirdische Elektroleitungen (Freileitungen) und Leitungsmasten
- Fernwirkkabel

3.2.11 Bestehende Gefahrensituation und historische Ereignisse

Die Gefahrenkarte Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord [26] weist im Bereich des KW Brunnen die Gefahr von Überschwemmungen, vorwiegend auf der rechten Uferseite aus (Abbildung 17). Die Muota ufert bei Hochwasser (ab HQ_{100}) rechtsufrig grossflächig aus. Für den Überlastfall (Wiederkehrperiode > 300 Jahre) können gemäss NGK Ausuferungen auf der linken Uferseite auch nicht ausgeschlossen werden (Restrisikobereich).

Da die Muota in das Grundwasser infiltriert, sind Wasseraustritte durch Grundwasser-aufstösse auch ohne direkten Anschluss an das Muotagerinne möglich [26].

Durch den Rückstau durch die Muota, der im Extremfall bis auf Höhe des Restaurants Bauernhof reicht, sind Überflutungen im Umland der Seeweren möglich. Besonders betroffen ist dabei das Gewerbegebiet Unterseewen und das Wintersried.

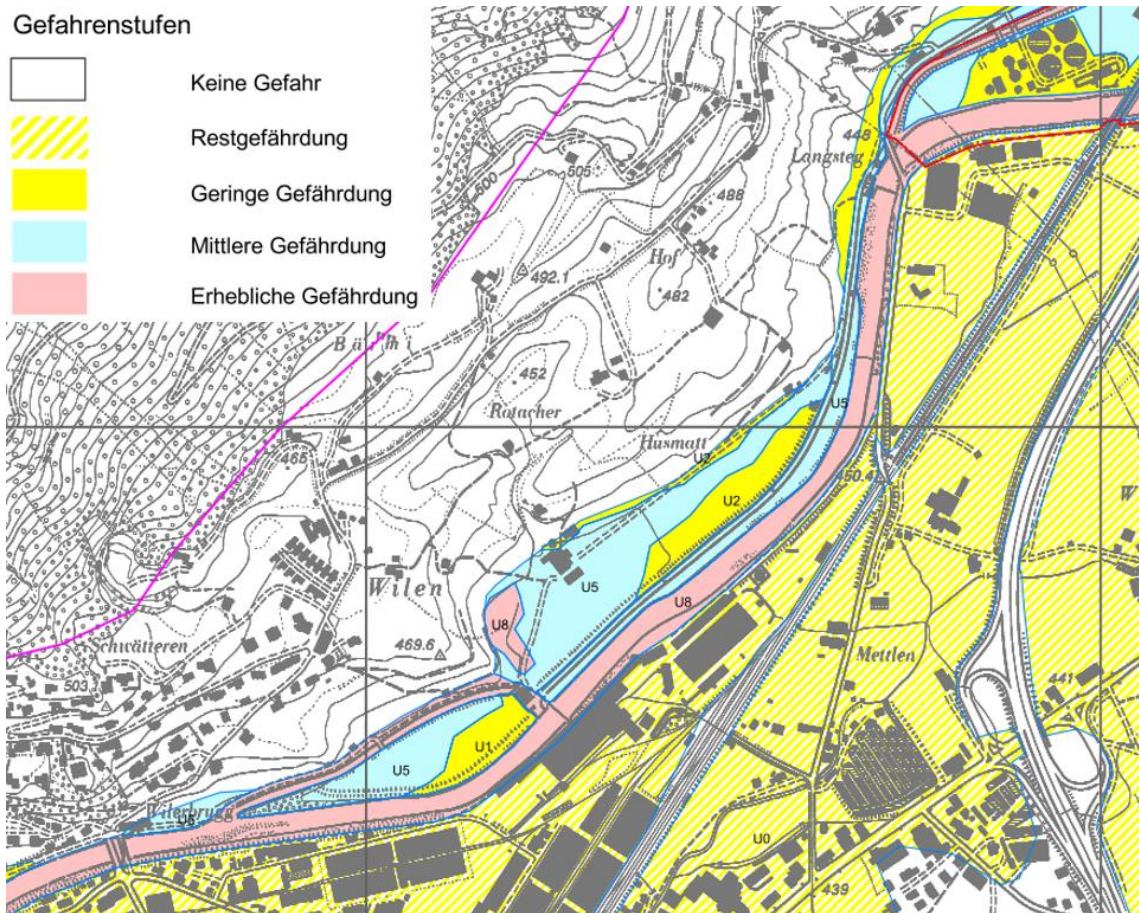


Abbildung 17: Ausschnitt Gefahrenkarte Wassergefahr

Im Ereigniskataster „StoreMe“ ist für die Muota ein grosses Ereignis mit Überschwemmungen dokumentiert (22./ 23. August 2005). Der maximale gemessene Abfluss an der Station Ingenbohl betrug damals 433 m³/s. Es wurden primär lokale Schäden, vor allem durch den Rückstau der Seeweren sowie entlang des rechten Muotaufers unterhalb Langensteg bis zum See verzeichnet. Die Leitwerke wurden dabei stellenweise überströmt, hielten der Belastung des Hochwassers aber stand (keine Dammbürche). Unsicher ist, ob dies bei einem weiteren ähnlich grossen oder grösseren Ereignis auch der Fall wäre [26].

Weitere grosse Abflüsse wurden im Juli 1977 (315 m³/s), September 2006 (278 m³/s), Mai 199 (277 m³/s) und Oktober 2010 (275 m³/s) gemessen.



Abbildung 18: Hochwasser am 22./23.08.2005, gleich unterhalb der Einmündung Seeweren (links) und 100 m oberhalb der Mündung (rechts). Quelle: Fotoalbum Hochwasser August 2005, Holcim Schweiz AG



Abbildung 19: Ausschnitt Ereigniskataster StoreMe, Hochwasserereignis Muota vom 23. Aug. 2005



Abbildung 20: Hochwasser am 22./23.08.2005 oberhalb des KW Brunnen. Quelle: Fotoalbum Hochwasser August 2005, Holcim Schweiz AG

3.3 Naturzustand

Der Naturzustand beschreibt den Zustand, bei dem das betroffene Fließgewässer einer vom Menschen unbeeinflussten Ausprägung entspricht bzw. historisch entsprach. Da eine solche Rekonstruktion zwangsläufig auf vielen ungenauen Annahmen beruht, kann dadurch auch nur ein grobes Bild erzeugt werden.

3.3.1 Abfluss und Abflussdynamik

Im Naturzustand ist die Hydrologie unbeeinflusst von anthropogenen Aktivitäten, insbesondere der Wasserkraftnutzung und der Veränderung der Bodennutzung im Einzugsgebiet. Ebenfalls ist der Naturzustand, an welchen die Arten angepasst sind, unbeeinflusst vom Klimawandel und den damit einhergehenden Veränderungen der Hydrologie.

Für die Muota bei der Muotaschwelle (Wasserfassung des KW Ibach, oberhalb Ibach) wurden die natürlichen Abflüsse im Restwasserbericht der Muotakraftwerke, Fachbericht Hydrologie [5] hergeleitet. Der Niedrigwasserkennwert Q_{347} beträgt am Standort $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$, der Mittelwasserabfluss MQ liegt bei $16.74 \text{ m}^3/\text{s}$ und der mittlere jährliche Hochwasserabfluss bei $147.34 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Glattalpsee im Einzugsgebiet der Muota wird als saisonaler Speicher verwendet, was jedoch nur eine untergeordnete Verlagerung der Abflüsse zur Folge hat.

Unterhalb der Einmündung der Seeweren, aus welcher der Abfluss des nicht regulierten Lauerzersees in die Muota fließt, ändert sich der Abfluss und die Abflussdynamik. Die Station des BAFU Muota – Ingenbohl (2084) misst die hydrologischen Parameter. Am Messstandort tritt Schwall-Sunk Abfluss auf. Q_{347} beträgt an der Messstelle $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ und der Mittelwasserabfluss MQ liegt bei $19.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Weitere Kennwerte sind in Tabelle 5

aufgeführt. Der Vergleich mit den Werten oben zeigt, dass der Zufluss aus der Muota prägend ist für den Abfluss und dessen Dynamik.

Tabelle 5: Kennwerte Hydrologie Abflussmessstation Muota - Ingenbohl (2084), Messperiode 1923 bis 2019. Quelle: BAFU.

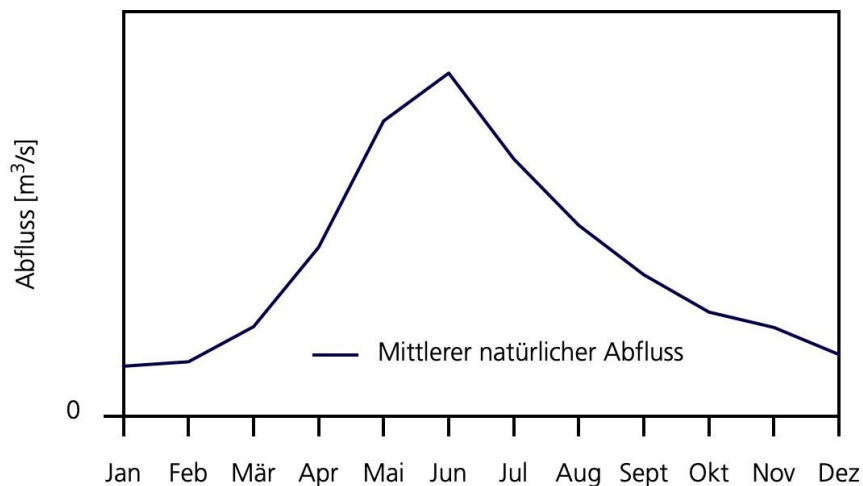
Muota - Ingenbohl

Kennwerte [m³/s]

MQ	19.1	NM7Q ₂	2.8	HQ ₂	166.0
Q ₃₄₇	2.7	NM7Q ₁₀	1.8	HQ ₁₀	241.0
		NM7Q ₃₀	1.5	HQ ₃₀	296.0

Monatsmittelwerte MQ [m³/s]

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
6.2	6.8	11.1	20.9	36.5	42.4	31.8	23.6	17.5	12.9	11.0	7.7



3.3.2 Geschiebe und Feststoffdynamik

Im Naturzustand weist die Muota vor der Einmündung der Seeweren eine Geschiebefracht von ca. 12'000 m³/a, nach der Einmündung von ca. 12'500 m³/a auf [7] (vgl. Abbildung 21).

Neben dem Geschiebe spielt Schwemholz bzw. Totholz im Naturzustand eine herausragende Rolle als Strukturgeber in der Muota. Während Hochwassern werden Frisch- und Totholz aus den Uferbereichen und dem Flussbett durch Rutschungen und Erosion mobilisiert und mitgeführt. Holzansammlungen im Bach- und Flussbett führen zu einer Vielzahl von morphologischen Strukturen auf kleiner räumlicher Skala, welche Tieren und Pflanzen als Lebensraum dienen.

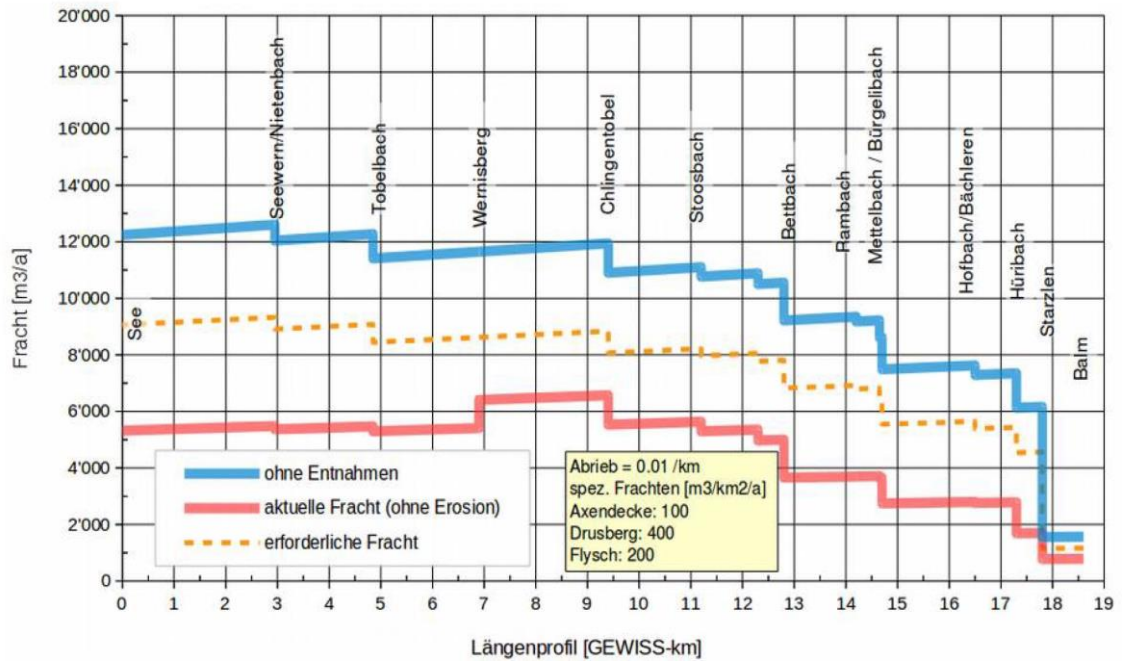


Abbildung 21: Geschiebefrachten der Muota von See bis Balm, Quelle: Beffa Tognacca, 2018 [7].

3.3.3 Gerinnestruktur und Morphodynamik

Die natürliche Gerinneform wurde in einer Vorstudie zum ökologischen Entwicklungspotenzial am Unterlauf der Muota hergeleitet. So ist die Muota als «schwach mäandrierendes Gerinne mit Inseln und Bänken» aus historischen Karten erkennbar [27]. Dabei ist unklar, inwieweit zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Karten in grossem Massstab bereits korrigierend in den Lauf der Muota eingegriffen wurde.

In prähistorischen Zeiten nach dem Ende der Eiszeit wies die Muota im Talboden ein weit verzweigtes Flusssystem auf, wie geologische Untersuchungen belegen [28]. Dies kann als die ursprüngliche und natürliche Gerinneform betrachtet werden, frei von menschlichem Einfluss.

3.3.4 Uferbereich

Die Uferbereiche im Naturzustand dürften sich auf den beiden Seiten des Gewässers unterschieden haben. Rechts der Muota reichte der Wald vom Urmiberg bis in die Talebene, übergehend in Hartholzau und Weichholzau in den vom dynamischen Gewässer beeinflussten, grossen Flächen. Links der Muota sind auf frühen Karten um die Jahrhundertwende noch grosse vernässte Gebiete vorhanden. Durch den mächtigen, weit ausgedehnten Grundwasserkörper im Felderboden mit gegenüber heute höherem Grundwasserstand kann von ausgedehnten, von der weiten Linkkurve der Muota umrahmten Flachmooren ausgegangen werden. Diese wurden durch viele kleine Wasserläufe, gespiesen von Grundwasseraufstössen (Brünnen) durchzogen. Der Übergang zwischen Wasser und Land dürfte stellenweise aus Auenwald jedoch auf grösseren Abschnitten aus Flussufferröhricht bestanden haben.

3.3.5 Vernetzung

Die Vernetzung war im Naturzustand uneingeschränkt. Die aquatische Längsvernetzung erstreckte sich vom Vierwaldstättersee bis zur Muotaschlucht und bis in den Lauerzersee. Das weit pendelnde, zum Teil verzweigte Gerinne mit einer gegenüber heute sehr langen Uferlinie war optimal mit den ausgedehnten Auenwäldern und Wäldern am rechten Ufer und den Feuchtgebieten am linken Ufer vernetzt. Die regelmässig umgelagerte Gewässersohle bot Lebensraum in den Substratlücken und ermöglichte eine uneingeschränkte Infiltration der Muota ins Grundwasser.

3.3.6 Biodynamik

Die Lebensräume entlang der Muota wurden in unregelmäßigen Abständen durch Hochwasserereignisse umgelagert und es entstanden neue Pionierflächen. Es fand in der Folge eine rasche Besiedlung durch entsprechende floristische und faunistische Gemeinschaften statt, was zu einer kontinuierlichen Sukzession von auentypischen Arten und Lebensräumen führte. Diese Dynamik führte zu einem grossflächigen Bewuchs der Uferbereiche mit standorttypischen Pflanzen und trug zur Entstehung einer artenreichen und auentypischen Vegetation entlang der Muota bei.

3.3.7 Grundwasser und vertikale Vernetzung

Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Muota im Naturzustand flächiger und intensiver ins Grundwasser infiltrierte (keine Verbauungsmassnahmen, periodische Verlagerung des natürlichen Gerinnes, regelmässige Reduktion von Kolmation durch Erosionsprozesse) und daher insgesamt etwas höhere Grundwasserstände geherrscht haben dürften. Punktuell und zeitlich können diese Stände aber selbstverständlich geschwankt haben, weshalb die Festlegung eines fixen, engdefinierten Naturzustandes für die lokalen Grundwasserverhältnisse aufgrund der natürlichen Dynamik der Muota kaum möglich bzw. sinnvoll ist.

3.3.8 Wasserqualität und Temperatur

Ohne anthropogene Einflüsse war die Wasserqualität natürlich. Ein hoher Eintrag an organischem Material aus dem Einzugsgebiet (Blätter, Totholz) hatte (saisonal) einen grossen Einfluss auf die Wasserqualität und die biologischen Prozesse.

Im Naturzustand waren die Gewässer im Einzugsgebiet der Muota unterhalb der Baumgrenze stark beschattet. Mit gegenüber heute auch kühlerer, mittlerer Lufttemperatur war das breite Hauptgerinne in der Talebene ein immer kühles Gewässer. Im sehr breiten Gerinne kamen jedoch auch sehr flache und teilweise abgeschnittene Wasserflächen vor, in welchen sich das Wasser stellenweise erwärmen konnte.

3.3.9 Organismen

Im Naturzustand beherbergte die Muota und die angrenzenden Auenwälder und Pionierstandorte ein grosses Artenspektrum. Es waren dies die Arten der unteren Forellen- und

Äschenregion, der Ufervegetation, der wechselfeuchten Pionierfluren und der Auen- und Bruchwälder [29]. Beispielfhaft werden einige gefährdete Vertreter dieser Lebensräume aus der Liste der prioritären Arten aufgeführt [30].

Tabelle 6: Beispielhafte Arten der Fluss- und Auenlebensräume der Nordalpen, für welche die Schweiz eine sehr hohe Priorität hat. Gemäss BAFU (2019). Gefährdungsklassen: CR = vom Aussterben bedroht, EN = stark gefährdet, VU = verletzlich, 1(e) = regional ausgestorben (Experteneinschätzung).

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Gefährdungsstatus
Fische und Rundmäuler	Chondrostoma nasus	Nase	CR
Fische und Rundmäuler	Salmo trutta (<i>f.lacustris</i>)	Atlantische Forelle mit Seelebenform	EN
Vögel	Actitis hypoleucos	Flussuferläufer	EN
Vögel	Alcedo atthis	Eisvogel	VU
Vögel	Charadrius dubius	Flussregenpfeifer	EN
Säugetiere (ohne Fledermäuse)	Lutra lutra	Fischotter	1(e)
Fledermäuse	Myotis blythii	Kleines Mausohr	CR
Fledermäuse	Plecotus austriacus	Graues Langohr	CR
Fledermäuse	Rhinolophus ferrumequinum	Grosse Hufeisennase	CR
Libellen	Epithea bimaculata	Zweifleck	CR
Libellen	Leucorrhinia albifrons	Oestliche Moosjungfer	CR
Libellen	Sympetma paedisca	Sibirische Winterlibelle	CR
Schmetterlinge	Gastropacha populifolia	Grosse Pappelglucke, Auwaldglucke	1(e)
Eintagsfliegen	Acentrella sinaica		CR
Eintagsfliegen	Ameletus inopinatus		CR
Eintagsfliegen	Ephemerella notata		CR
Eintagsfliegen	Oligoneuriella rhenana		CR
Landschnecken / Grossmuscheln	Unio crassus	Gemeine Bachmuschel	CR
Gefässpflanzen	Utricularia bremii	Bremis Wasserschlauch	CR
Moose	Fissidens grandifrons	Grosses Spaltzahnmoos	EN
Grosspilze	Marasmius tremulae	Pappel-Schwindling	CR

Die Auen-Fauna-Datenbank des Agroscope [31] listet 300 Arten auf, welche vorwiegend oder ausschliesslich in Auen vorkommen und somit potenziell an den Ufern der Muota im Naturzustand vorkamen.

Historisch stieg der Lachs (*Salmo salar*) wahrscheinlich bis in die Muotaschlucht auf [32]. Ausserdem kamen die grossen Säugetiere Biber, Fischotter, Wolf, Luchs und Bär vor, welche einen grossen ökologischen Einfluss auf die Lebensgemeinschaften hatten.

3.4 Referenzzustand

Der Referenzzustand ist ein hypothetischer Zustand, der sich unter den heutigen landschaftlichen Rahmenbedingungen einstellen würde, wenn sämtliche anthropogenen Einflüsse im unmittelbaren Umfeld des Gewässers aufgegeben würden. Er bildet den naturnahen Zustand bezüglich Morphologie, Abflussregime und Geschiebehauhalt in der heutigen Kulturlandschaft.

Im Gegensatz zum Naturzustand werden beim Referenzzustand aber grossräumige und irreversible Einflüsse des Menschen wie grossflächige Waldrodungen, Siedlungen, Infrastrukturanlagen, grossflächige Trockenlegungen von Feuchtgebieten, historische Gewässerkorrekturen, grossräumige Flussumleitungen usw. mitberücksichtigt.

3.4.1 Irreversible und reversible Einflüsse

Grosse irreversible Gewässerum- oder -ableitungen liegen nicht vor. Das Gewässersystem aus Vierwaldstättersee – Muota – Seeweren – Lauerzersee und das Einzugsgebiet

sind in der Konstellation unverändert. Landseitig wurden in der Talebene grossflächig Wälder gerodet, Böden umgenutzt und links der Muota Feuchtgebiete trockengelegt.

Der bereits heute zu einem wesentlichen Teil irreversible Klimawandel hat einen grossen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Schweiz. Schnee und Gletscher verlieren zunehmend an Bedeutung, während Trockenheit im Sommer und Herbst das regionale Wasseraufkommen verringert. Dies führt zu einer Verknappung der Wasserressourcen und zu saisonalen Verschiebungen im Abfluss. Gleichzeitig nehmen Naturgefahren wie Hochwasser, Überschwemmungen und Hangrutschungen zu, was einen Einfluss auf die Feststoffdynamik hat. Zudem gefährden steigende Wassertemperaturen die biologische Vielfalt in und entlang der Gewässer.

Als reversible Einflüsse sind insbesondere die Bodennutzung, Verkehrswege und Einzelgebäude im Gewässerraum zu nennen.

Durch die Wasserkraft und den Hochwasserschutz verursachte reversible Einflüsse werden im Rahmen der Sanierung Wasserkraft (Schwall-Sunk, Geschiebe, Fischgängigkeit) im Wesentlichen beseitigt.

3.4.2 Abfluss und Abflusssdynamik

Die Abflusssdynamik im Referenzzustand ist nicht wesentlich durch die Wasserkraftnutzung, der Trink- oder der Brauchwassernutzung verändert. Insbesondere ist sie nicht durch Restwasser oder Schwall-Sunk beeinträchtigt.

3.4.3 Geschiebe und Feststoffdynamik

Der Referenzzustand hinsichtlich Geschiebe und Feststoffdynamik ist gegenüber dem Naturzustand dahingehend verändert, als dass die Mobilisierung von Geschiebe und in der Folge dessen Zusammensetzung durch irreversible Änderungen in der Bodennutzung verändert ist. Die angegebenen Frachten im Naturzustand gelten jedoch auch für den Referenzzustand.

3.4.4 Gerinnestruktur und Morphodynamik

Durch die Siedlungsgebiete und Verkehrswege links der Muota ist der verfügbare Platz irreversibel eingeschränkt. Die Nutzungen rechts der Muota könnten hingegen aufgegeben werden, wodurch im Referenzzustand abschnittsweise ab linksseitigem Damm bis zum Hangfuss, Breiten von bis zu 150 m vorhanden sind. Bei Annahme einer natürlichen Sohlenbreite von 48 m erfüllt der Referenzzustand ca. 90% der natürlichen Funktionen (vgl. Beilage 1.3, Kurzbericht GWR) nach Roulier [33].

3.4.5 Uferbereich

Der Uferbereich links der Muota ist im Referenzzustand aufgrund der Siedlungsgebiete, der Verkehrswege, der grossflächigen Trockenlegung von Feuchtgebieten und dem

tiefer liegenden Grundwasserpegel naturfremd. Am rechten Ufer ist abschnittsweise Au-
enwald mit ausgeprägter Weichholz- und Hartholzaue vorhanden.

3.4.6 Vernetzung

Als Referenzzustand hinsichtlich Längsvernetzung (aquatisch und terrestrisch) dient der
Naturzustand mit einer uneingeschränkten Durchgängigkeit. Die seitliche Vernetzung ist
durch irreversible Veränderungen (s.o.) permanent eingeschränkt. Sie ist durch die Aus-
prägung der Gerinnestruktur und der Uferbereiche im Referenzzustand (s.o.) jedoch na-
turnah, d.h. es bestehen keine Hindernisse zwischen Gewässer und Uferbereichen.

3.4.7 Biodynamik

Die Biodynamik im Referenzzustand entspricht derjenigen des Naturzustands, jedoch
auf einer reduzierten Fläche.

3.4.8 Grundwasser und vertikale Vernetzung

Gemäss GIS-Server des Kantons Schwyz (Karte Gewässernetz, Referenzdaten) folgt
die Muota im Projektperimeter ihrem Verlauf in einem naturnahen Zustand (Referenz-
oder Ausgangszustand). Da die lokalen Grundwasserverhältnisse insbesondere durch
die Infiltration der Muota bestimmt werden (vgl. Kapitel 3.2.7), kann bei der Festlegung
des Referenzzustandes im Hinblick auf das Grundwasser somit vom heutigen Flussver-
lauf abzüglich der Effekte der heutigen Verbauungsmassnahmen ausgegangen werden.
Summarisch kann daher für den Referenzzustand mit geringfügig erhöhten Grundwas-
serständen entlang der Muota bei ansonsten praktisch identischen Fließmustern ge-
rechnet werden.

3.4.9 Wasserqualität, Temperatur

Als Referenzzustand betreffend Wasserqualität und -temperatur dient der Naturzustand.

3.4.10 Organismen

Im Referenzzustand bietet der natürliche Lauf der Muota Lebensraum für eine vielfältige
Tier- und Pflanzenwelt. Die Auen-Fauna Datenbank [31] listet für die Aue Tristel an der
Muota im Muotathal 603 potenziell vorkommende Arten auf, davon 36 vorwiegend oder
ausschliesslich in Auen vorkommende und 148 gefährdete Arten. Für das Vergleichsge-
wässer Kleine Emme werden für die Aemmematt 977 potenziell vorkommende Arten
aufgeführt, davon 94 vorwiegend oder ausschliesslich in Auen vorkommende und 267
gefährdete Arten. Es kann davon ausgegangen werden, dass ähnliche Artenzahlen po-
tenziell im Referenzzustand an der Muota bei Brunnen vorkommen.

Erwähnenswerte Organismen im Referenzzustand sind u.a. Seeforelle (*Salmo trutta*),
Nase (*Chondrostoma nasus*), Flussuferläufer (*Actitis hypoleucos*), Biber (*Castor fiber*)
und Fischotter (*Lutra lutra*).

3.5 Defizitanalyse

Die Defizitanalyse erfolgt durch den Vergleich von Ist-Zustand und Referenzzustand.

3.5.1 Abfluss und Abflussdynamik

Die Abflussdynamik der Muota im Projektperimeter ist, zumindest im oberen Teil bis zur stillgelegten Zentrale des KW Brunnen, geprägt durch die Wasserentnahme bei der Fassung Langensteg. Hier besteht, nach wie vor und trotz Stilllegung des Kraftwerks eine Restwasserstrecke (vgl. Kapitel 3.2.10).

Die Abflussdynamik im ganzen Projektperimeter ist zudem durch Schwall-Sunk des KW Wernisberg beeinträchtigt. Die daraus resultierenden Defizite sind ausführlich im Sanierungsbericht Schwall-Sunk aufgeführt [17]. Sie liegen gemäss der Bewertung mittels «Vollzugshilfe Massnahmen» [34] beim Stranden von Fischen, bei den Juvenil- und Adulthabitaten der Bach- und Seeforelle, bei der Drift von Makroinvertebraten und bei der Temperatur.

3.5.2 Geschiebe und Feststoffdynamik

Im Sanierungsbericht Geschiebe [7] sind die Defizite betreffend Geschiebe aufgeführt. Gegenüber dem Referenzzustand beträgt die jährliche Geschiebefracht heute im Projektperimeter etwa 50 %. Dies entspricht einem Geschiebedefizit von ca. 5'000 - 6'000 m³/a (vgl. Abbildung 21).

Zu den Schwemmholzfrachten und Mengen an Totholz im Gerinne der Muota gibt es keine Zahlen. Gegenüber dem Referenzzustand ist – wie an den allermeisten grösseren Fliessgewässern in der Schweiz – von einem grossen Defizit auszugehen [35].

3.5.3 Gerinnestruktur und Morphodynamik

Die Defizite bestehen im fehlenden Raum für das Gewässer. Die Ufer sind mittels Längsverbau gesichert, so dass sich keine naturnahe Gerinnestruktur und Morphodynamik wie im Referenzzustand entwickeln kann.

3.5.4 Uferbereich

Der Uferbereich wird heute landwirtschaftlich genutzt und er ist durch Wasserkraftanlagen, landwirtschaftliche Gebäude und Verkehrswege belegt. Es bestehen grosse Defizite hinsichtlich Uferbereichsbreite und Ausprägung. Möglicherweise bestehen auch bei den vorhandenen Ufervegetation Defizite hinsichtlich Standortgerechtigkeit oder gebietsfremden Arten (Neophyten).

3.5.5 Vernetzung

Defizite bei der Längsvernetzung im Gerinne bestehen durch die Querbauwerke (Fassungen KW Brunnen und KW Ibach) und den Schwall-Sunk Abfluss (Drift).

Die terrestrische Längsvernetzung ist durch den ungenügend ausgeprägten Uferbereich und die steilen Ufer beeinträchtigt.

Durch die Begradigung und den Längsverbau der Ufer ist die Länge der Wasser-Land-Grenze reduziert und die Quervernetzung stark eingeschränkt. Hier bestehen die grössten Defizite hinsichtlich Vernetzung.

3.5.6 Biodynamik

Im Projektperimeter kommen keine Flächen vor, die in einem Sukzessionsstadium von Pionierstandort zu Hartholzaue stehen. Es fehlen auch abgeschnittene, teilweise verlandende Gewässerabschnitte, wie sie in einer Aue vorkommen und für Amphibien wertvoll sind. Der Biber als «Öko-Ingenieur» mit einem massgeblichen Einfluss auf die Biodynamik fehlt im Gebiet. Entsprechend fehlen Lebensräume für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt und es kann sich keine standortgerechte Ufervegetation entwickeln.

3.5.7 Grundwasser und vertikale Vernetzung

Die im Rahmen der Defizitanalyse zu ermittelnder Differenz zwischen Ist-Zustand und Referenzzustand kann im Hinblick auf das Grundwasser wie folgt erfasst werden. Die vertikale Vernetzung zwischen Muota (Infiltrant) und Grundwasser ist durch Verbauungsmassnahmen generell etwas eingeschränkt. Im Referenzzustand ist von einer erhöhten vertikalen Vernetzung und einem dementsprechend etwas erhöhten und v.a. schnelleren Einfluss von Muota auf das Grundwasser auszugehen. Auf die Grundwasserqualität könnte dies zumindest zeitweise möglicherweise negative Auswirkungen haben (rascheren Eintrag allfälliger Verunreinigungen der Muota z.B. bei einem Störfall). Die Beeinflussung der Grundwassertemperatur ist schwieriger zu beurteilen; da das Grundwasser bereits heute zu grossen Teilen durch Flussinfiltration alimentiert wird, ist am ehesten von einem geringen bis fehlenden Defizit auszugehen.

3.5.8 Wasserqualität und Temperatur

Die Defizite bei der Wasserqualität sind gering. Sie bestehen aus diffusen Einträgen aus der Landwirtschaft und einem zu geringen Eintrag von organischem Material natürlicher Herkunft ins Gewässer.

Die Defizite betreffend Wassertemperatur liegen in erster Linie bei der fehlenden Beschattung der Gewässer im Einzugsgebiet. Dadurch wird die irreversible Gewässererwärmung durch den Klimawandel beschleunigt und verschärft. Die Wassertemperatur wird zudem tageszeitlich durch Schwall-Sunk beeinträchtigt (s.o.).

3.5.9 Organismen

Durch die Begradigung und Verbauung des Gerinnes, die Veränderung und intensive Nutzung der Uferbereiche, die Schwall-Sunk Abflüsse und die Beeinträchtigungen des Geschiebehauhalts bestehen grosse Defizite bei den Lebensräumen und in der Folge bei den Lebensgemeinschaften. Es kann davon ausgegangen werden, dass gegenüber

dem Referenzzustand mit einer ausgeprägten Fliessgewässeraue eine grosse Anzahl Tierarten (Fische, Vögel, Säugetiere, Reptilien, Amphibien, Invertebraten) und eine noch grössere Anzahl Pflanzenarten (Arten der Kiesbank-Pioniervegetation, der mehrjährigen Buschvegetation, der Weich- und Hartholzaue) fehlen. Darunter befinden sich potenziell ein grosser Anteil gefährdeter Arten und vorwiegend oder ausschliesslich in Auen vorkommende Arten.

In der Muota fehlen insbesondere geeignete Lebensräume für die standorttypische Fischfauna mit Bachforelle/ Seeforelle und Äsche sowie Arten der unteren Forellen- und Äschenregion (z.B. Groppe oder Elritze). Dies ist vorwiegend mit der Kanalisierung der Muota sowie dem harten Längsverbau verbunden, welche zu einem ziemlich monotonen Gewässer führt. Wichtige Habitate wie Laichplätze, strömungsberuhigte Zonen für die Jungfischentwicklung und tiefe Kolke für Adulttiere fehlen weitgehend. Auch Deckungsstrukturen z.B. aus Totholz sind selten. Arten aus der Seeweren (Barbenregion mit z.B. Barbe oder Nase) sowie Seefische (z.B. Rotaugen, Egli, Trüsche) wären zwar zu erwarten, finden aber aufgrund der geringen Strukturvielfalt in der Muota kaum geeignete Habitate wie stark strömende Kiesrauschen, Kiesbankränder mit Flachwasserzonen, Hinterwasser mit Totholz usw.

4 ZIELDEFINITION (SOLLZUSTAND)

4.1 Anlagen und Nutzungen (Restriktionen)

In Abweichung zum Referenzzustand werden für die Zieldefinition (Festlegung Sollzustand) in den Bereichen Hochwasserschutz, Ökologie (ökologische Entwicklungsziele) und Gesellschaft (sozioökonomische Entwicklungsziele) diejenigen Anlagen und Nutzungen identifiziert, deren Verschiebung oder Veränderung in einem überschaubaren Zeitraum nicht möglich oder eindeutig unverhältnismässig ist.

Die im Projektperimeter vorhandenen Anlagen und Nutzungen sind im Kapitel 3.2.10 beschrieben. Um die Verhältnismässigkeit einer allfälligen Verschiebung dieser Anlagen und Nutzungen einzuordnen, werden diese in Restriktionsklassen eingeteilt. Anlagen, welche der Restriktionsklasse 1 zugeordnet werden, gelten als verschiebbar. Nicht verhältnismässig ist dagegen eine Verschiebung von Anlagen der Restriktionsklasse 3. Bei Anlagen der Restriktionsklasse 2 ist die Verhältnismässigkeit anhand einer umfassenden Interessenabwägung und im Einzelfall abzuklären.

4.1.1 Restriktionsklassen

Im Rahmen der Erarbeitung des ökologischen Entwicklungskonzepts für den Unterlauf der Muota hat die Basler & Hofmann AG Restriktionsklassen definiert. Diese werden für das vorliegende Projekt übernommen.

Restriktionsklasse 1:

Anlagen der Restriktionsklasse 1 gelten als verschiebbar. Die Konsumation ihrer Flächen ist voraussichtlich verhältnismässig. Unter Restriktionsklasse 1 fallen:

- Inventarisierte Schutzgebiete kommunaler Bedeutung
- Waldflächen und Wildtierkorridore
- Lokale Elektroleitungen
- Lokale Wasserleitungen
- Lokale Abwasserleitungen
- Landwirtschaftszone ohne Wohnnutzung und ohne Fruchtfolgeflächen (FFF)
- Unterhalts- und Wanderwege

Restriktionsklasse 2:

Bei Anlagen der Restriktionsklasse 2 ist die Konsumation von Flächen unter einer umfassenden Abwägung von Interessen möglicherweise verhältnismässig. Unter diese Klasse fallen:

- Inventarisierte Schutzgebiete von kantonaler und nationaler Bedeutung
- Grundwasserschutzzone S3
- Belastete Standorte (KbS)
- Fernwärmeleitungen
- Regionale Elektroleitungen

- Regionale Wasserleitungen
- Niederdruckgasleitungen
- Fruchtfolgeflächen (Klassen 2 und 3)
- nicht bebaute Wohn- und Gewerbezone
- Zufahrts- und Gemeindestrassen

Restriktionsklasse 3:

Bei Anlagen der Restriktionsklasse 3 ist die Konsumation der Flächen nicht verhältnismässig. Unter Klasse 3 fallen:

- Grundwasserschutzzonen S1 und S2
- Starkstromleitungen
- Hochdruckgasleitungen
- Abwassersammelleitungen (Hauptsammelkanal / ARA)
- Bebaute Wohn-, Gewerbe und Landwirtschaftszone (Wohnnutzung)
- Eisenbahnanlagen
- Kantons- und Nationalstrassen

4.1.2 Projektbezogene Klassierung der Anlagen und Nutzungen

Im vorliegenden Projekt werden folgende Anlagen und Nutzungen der Restriktionsklasse 1 zugeordnet:

- Kraftwerk Brunnen (da stillgelegt): Kraftwerksgebäude, Oberwasser- und Unterwasserkanal
- Landwirtschaftliche Nutzflächen zwischen der Muota und dem Oberwasserkanal (keine FFF)
- Waldgebiet zwischen der Muota und dem Unterwasserkanal
- Wildtierkorridor im Bereich der Brücke Langensteg
- Meteorwasser- und Entwässerungsleitungen
- Landwirtschaftliche Drainageleitungen
- Mischwasser- und Abwasserleitungen (kein Sammelkanal)
- Unterirdische Elektroleitungen
- Fernwirkkabel

Der Restriktionsklasse 2 werden folgende Anlagen und Nutzungen zugeteilt:

- Fruchtfolgeflächen rechtsufrig entlang dem Oberwasserkanal
- Fruchtfolgeflächen zwischen der Muota und dem Unterwasserkanal
- Husmattweg am rechten Ufer des Oberwasserkanals
- Brücke Langensteg und Fussgängersteg Husmatt
- Weg entlang dem Unterwasserkanal, der beim Steg Husmatt als Anschlusspunkt an das Entwicklungsgebiet Nova Brunnen raumplanerisch gesichert ist (kantonaler Nutzungsplan Brunnen Nord)
- landwirtschaftliche Nutzgebäude am Ober- und Unterwasserkanal

Die Brücke Langensteg und der Fussgängersteg Husmatt werden aufgrund der Tatsache, dass Sie am Ende ihrer Lebensdauer sind und in absehbarer Zeit durch Drittprojekte ersetzt werden, der Restriktionsklasse 2 (statt 3) zugeteilt. Beide Brücken können zwar

nicht ersatzlos gestrichen oder in ihrer Lage gänzlich verschoben werden, aber durch den anstehenden Ersatzneubau können sie auf zukünftig revitalisierte Gegebenheiten angepasst werden. Die Nutzungsvereinbarung hält hierzu fest, dass der zukünftig revitalisierte Zustand der Muota bei diesen Ersatzneubauten als Rahmenbedingung zu berücksichtigen ist.

Folgende Anlagen werden der Restriktionsklasse 3 zugeteilt:

- historische Wylerbrücke
- ARA Schwyz
- Oberirdische Elektroleitungen (Freileitungen) und Leitungsmasten
- Entwicklungsgebiet Nova Brunnen am linken Ufer (dicht besiedeltes Wohn- und Gewerbegebiet)
- Dicht besiedeltes Wohngebiet unterhalb vom Areal Nova Brunnen (am linken Ufer der Muota)

4.2 Ziele Hochwasserschutz

Entsprechend den Empfehlungen des Bundes für den Hochwasserschutz an Fließgewässern richtet sich das Schutzbedürfnis nach dem Schadenpotenzial [36]. Das bedeutet, dass den Flächen im Projektperimeter, je nach bestehender oder geplanter Nutzung bzw. je nach vorhandenen Bauten und Infrastrukturanlagen, unterschiedliche Schutzziele zugeordnet werden. Diesen Grundsatz der differenzierten Schutzziele übernimmt auch der Kanton Schwyz in seiner kantonalen Naturgefahrenstrategie [37].

Für das Projekt Revitalisierung Muota, Abschnitt KW Brunnen werden projektbezogene Schutzziele für die linke und die rechte Uferseite definiert sowie zusätzlich für das Sonderobjekt ARA Schwyz festgelegt. Die projektspezifischen Schutzziele können die Schutzziele aus der Schutzzielmatrix der kantonalen Naturgefahrenstrategie des Kantons Schwyz [37] übertreffen, nicht aber unterschreiten.

4.2.1 Schutzziele linke Uferseite

Auf der linken Uferseite liegen die Bahnlinie, Gewerbe-/ Industriegebiete sowie geschlossenes Siedlungsgebiet der Gemeinde Ingenbohl.

Das Schutzziel für das linke Ufer wird im gesamten Projektperimeter in Anlehnung an die Baubewilligung des Projekts Nova Brunnen [38] und die Vorgaben des Amtes für Gewässer, Abteilung Wasserbau festgelegt:

- Schutzziel linksufzig: Wasserspiegellage $HQ_{300} + \text{Freibord (F)}$, mit $F = 0.5 - 0.8 \text{ m}$

Damit wird das in der Schutzzielmatrix der kantonalen Naturgefahrenstrategie geforderte Schutzziel [37] übertroffen (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Gegenüberstellung Schutzzielvorgaben kantonale Naturgefahrenstrategie [37] und im Projekt am linken Ufer

Objektkategorie	Vorgabe Kanton Schwyz	Projektumsetzung
Bahnlinie	Gemäss Richtlinie SBB	$HQ_{300} + \text{Freibord}$
Gewerbe-/ Industriegebiet	Komplettschutz bis HQ_{30}	$HQ_{300} + \text{Freibord}$

	Ab HQ ₁₀₀ max. schwache Intensität	
Geschlossene Siedlung	Komplettschutz bis HQ ₃₀ Ab HQ ₁₀₀ max. schwache Intensität	HQ ₃₀₀ + Freibord

4.2.2 Schutzziele rechte Uferseite

Im Vorland auf der rechten Uferseite liegt Landwirtschaftsland mit einzelnen, zeitweise oder permanent bewohnten Einzelgebäuden. Gemäss kantonaler Naturgefahrenstrategie liegt hier das Schutzziel unter HQ₃₀ und es besteht grundsätzlich kein Handlungsbedarf für ein erhöhtes Schutzziel.

In der Vergangenheit (z.B. Hochwasserereignis August 2005) kam es bei Hochwassern zu Ausuferungen auf die rechte Uferseite, was auch in Zukunft so möglich sein soll (rechtsufrige Ausuferung im Überlastfall).

Mit Blick auf den Hochwasserschutz der rechten Uferseite werden für das Projekt Revitalisierung Muota im Abschnitt KW Brunnen folgende Schutzziele und Grundsätze festgelegt:

- Minimales Schutzziel rechtes Ufer = Schutzziel Objektkategorie 2.2 gemäss kantonaler Schutzzielmatrix. D.h. bei HQ₃₀ und HQ₁₀₀ sind grundsätzlich Überschwemmungen mit schwacher Intensität und bei HQ₃₀₀ mit mittlerer Intensität zulässig.
- Zusätzlich darf das Schutzniveau mit dem Projekt ggü. der heutigen Situation nicht verschlechtert werden.

4.2.3 Schutzziel ARA Schwyz

Oberhalb der Einmündung Seeweren liegt die ARA-Schwyz. Das Areal der ARA liegt heute im gelben und blauen Gefahrenbereich.

Die ARA ist eine kritische Infrastruktur und mit Blick auf die kantonale Naturgefahrenstrategie als Sonderobjekt einzustufen. Das Schutzziel der ARA wird wie folgt festgelegt:

- Schutzziel ARA: Wasserspiegellage HQ₁₀₀ + Freibord

Die ARA-Schwyz liegt ausserhalb des Projektperimeters des Projekts Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen. Für die Planung und Umsetzung des Revitalisierungsprojekts gilt deshalb der Grundsatz, dass im Rahmen des Projekts die Einmündung der Seeweren hydraulisch zu optimieren ist, um die Rückstauproblematik für die ARA zu entschärfen.

4.3 Ökologische Entwicklungsziele

Als übergeordnetes Projektziel wird die Wiederherstellung der natürlichen Funktionen der Muota und die Entwicklung einer naturnahen, dynamischen Gerinneform mit standortgerechten Sohlenstrukturen angestrebt. Um dies zu erreichen ist dem Gewässer möglichst viel Raum zu geben, in welchem es sich uneingeschränkt und eigendynamisch entwickeln kann. Da der verfügbare Gewässerraum voraussichtlich keine Entwicklung

des Gerinnes wie im Referenzzustand zulässt, ist mit geeigneten Massnahmen dafür zu sorgen, dass ein vielfältig strukturiertes Gerinne entstehen kann.

Eine eher gleichmässige Abfolge von relativ monotonen alternierenden Kiesbänken entfaltet nicht das gesamte Potenzial, neue Lebensräume für eine standortgerechte, vielfältige Flora und Fauna zu schaffen. Es besteht zudem die Gefahr, dass das Gerinne über längere Strecken am Längsverbau «kleben bleibt». Natürlicherweise vorhandenes, grobes Schwemmholz als wichtiges strukturgebendes Element fehlt heute weitgehend.

Mit Strukturierungsmassnahmen, insbesondere unter grosszügigem Einbezug von groben Totholzstrukturen, sollen die Breiten- und Tiefenvariabilität, die Entstehung von tieferen Kolken, eine lokale Substratfraktionierung, ein heterogenes Habitatangebot und Deckungsstrukturen für aquatische Organismen gefördert werden. Dabei ist eine sorgfältige Abwägung vorzunehmen, um die eigendynamische Gerinneentwicklung nicht zu sehr einzuschränken. Zu bevorzugen sind daher Strukturelemente, welche sich selbst erneuern können.

In den Aufweitungen wird angestrebt, Flächen für die Entstehung einer begrenzten Weichholzaue (stark gefährdeter und prioritärer Lebensraum [30]) zu schaffen. Dafür können die Ufer abschnittsweise zunächst steil und dann flach ausgebildet werden, um ausreichend Platz auf einem von der Muota regelmässig umgelagerten Niveau zu schaffen, auf welchem Arten der Weichholzaue aufkommen können. Ausserhalb des Gerinnes soll die Ufervegetation im gesamten Gewässerraum weitestgehend aus standortgerechten Gehölzen bestehen. Besonders alte oder grosse Gehölze sind ökologisch besonders wertvoll. Sie sollen im Perimeter nach Möglichkeit erhalten werden und sind ggf. zu verpflanzen (auch Bäume).

Auf die Schaffung von Amphibientümpeln ist zugunsten der aquatischen Lebensräume und einer durchgehenden Bestockung zu verzichten, da der verfügbare Platz zu beschränkt ist. Ebenfalls sind offene, besonnte Uferbereiche nicht standortgerecht und würden den Zielen der terrestrischen Vernetzung zuwiderlaufen.

4.3.1 Abfluss und Abflussdynamik

Der Abfluss und die Abflussdynamik können durch das Revitalisierungsprojekt nur sehr beschränkt verbessert werden. Die geringe Verbesserung ergibt sich durch den Rückbau des KW Brunnen und des Oberwasserkanals (Wegfall heutige Restwasserstrecke zwischen Fassung Langensteg und Zentrale). Eine wesentliche Verbesserung wird durch die Sanierung Schwall-Sunk (Drittprojekt) erreicht, durch welche mindestens die wesentlichen Beeinträchtigungen beseitigt werden. Die Sanierung wird voraussichtlich mit einem ähnlichen Zeithorizont fertiggestellt wie das Revitalisierungsprojekt. Damit wird eine wichtige Voraussetzung zur Erreichung der ökologischen Ziele im Projektperimeter geschaffen.

4.3.2 Geschiebe und Feststoffdynamik

Mit der Sanierung Geschiebe (Drittprojekt) werden die wesentlichen Beeinträchtigungen oberhalb des Projektperimeters beseitigt und es soll gemäss der Studie zur Sanierung

des Geschiebehaushalts [7] eine erforderliche Geschiebefracht von ca. 9'000 m³/a angestrebt werden (vgl. Abbildung 21). Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung und periodische Erneuerung eines naturnahen Sohlensubstrats.

Mit der Aufweitung wird die Rückhaltekapazität für Geschiebe erhöht und es werden regelmässige Erosions- und Depositionsprozesse ermöglicht. Das fehlende Schwemm- bzw. Totholz wird mittels geeigneter Strukturen in das Gerinne eingebracht, um heterogene Habitate für die verschiedenen Fischarten und ihre Entwicklungsstadien zu schaffen.

4.3.3 Gerinnestruktur und Morphodynamik

Der Gewässerraum ist so weit wie möglich dem Gewässer zuzugestehen. Insgesamt ist ein Gerinne mit variablen Gewässerbreiten, Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten sicherzustellen. Gewässersohle, Ufer und Böschungen sind zu strukturieren, um eine verbesserte Vielfalt an aquatischen und terrestrischen Lebensräumen zu schaffen. Verbauungen des Gerinnes sind auf das für den Hochwasserschutz notwendige Minimum zu beschränken. Dort wo es möglich ist, soll mit ingenieurbioologischen Massnahmen gearbeitet werden. Erlauben es die Schutzgüter sind Interventionslinien zu definieren, statt die Ufer zu fixieren. Die Sohlpflasterung ist aufzuheben, um im neuen Gerinne eine naturnahe Morphodynamik zu initiieren. Die Böschungen sind im Allgemeinen abzuflachen, wobei auch stellenweise zunächst steiler ($n = 2:3$) übergehend in sehr flache Böschungen möglich sind, um mehr Platz im Gerinne für Weichholzaunen zu schaffen.

4.3.4 Uferbereich

Der vorhandene Uferbereich im Gewässerraum ist möglichst auf der gesamten Fläche und bis möglichst nahe ans Gewässer zu bestocken mit standortgerechten Gehölzen. Da die bestehende Ufervegetation weitestgehend zerstört wird sind Massnahmen zu treffen, um eine möglichst rasche Etablierung einer neuen Ufervegetation zu gewährleisten. Dazu gehört der Erhalt oder die Verpflanzung von vorhandenen Büschen und Bäumen.

4.3.5 Vernetzung

Übergeordnet wird die Längsvernetzung für Fische innerhalb der Muota zwischen Vierwaldstättersee bis zur Muotaschlucht mit dem Rückbau der Muotaschwelle im Rahmen der Sanierung Fischgängigkeit (Drittprojekt) wieder hergestellt.

Im Projektperimeter soll die Vernetzung mittels Rückbaus der nicht mehr genutzten Anlageteile des Kraftwerks Brunnen (Ober- und Unterwasserkanal, Fassung/ Wehr Langensteg, Kraftwerkszentrale), der Beseitigung der Uferverbauungen und der Gestaltung des Gerinnes erreicht werden. Die Vernetzung mit dem Lauerzersee über die Seeweren ist durch die Entfernung des Wehrs des KW Brunnen und die Aufweitung beim Zusammenfluss zu gewährleisten. Massgebend für die Beurteilung und Projektierung der freien Fischwanderung ist die optimale Wassertiefe für die Seeforelle.

Die Grenze Wasser-Land ist zu verlängern, um damit die Quervernetzung zu verbessern. Dies kann durch eine pendelnde Gerinneform mit Kiesbänken und Inseln erreicht werden. Die terrestrische Längsvernetzung soll im Gewässerraum durch möglichst breite, durchgehende und standortgerechte Gehölz-Bänder gefördert werden.

4.3.6 Biodynamik

Mit den Zielen betreffend Geschiebe, Gerinnestruktur, Morphodynamik und Uferbereich werden die Voraussetzungen für eine naturnahe Biodynamik geschaffen. Ziel ist insbesondere die Entstehung einer Weichholzaue (EN) auf geeigneten Flächen in den Aufweitungen. Auf Pflegemassnahmen ist möglichst zu verzichten bzw. im Unterhaltskonzept sind ökologischen Kriterien entsprechend hoch zu gewichten.

4.3.7 Grundwasser und vertikale Vernetzung

Mit der Entfernung der Verbauungen sollen die Einschränkungen in der vertikalen Vernetzung weitgehend beseitigt werden. Dadurch soll die Infiltration von der Muota ins Grundwasser erhöht und beschleunigt werden.

4.3.8 Wasserqualität und Temperatur

Das Projekt hat nur einen geringen Einfluss auf die Wasserqualität. Es sollen jedoch durch genügend breite bestockte Ufer lokale Einträge ins Gewässer verhindert und die Selbstreinigungsfähigkeit des Gewässers durch eine naturnahe Biodiversität verbessert werden.

Um die Auswirkungen der Gewässererwärmung möglichst gering zu halten, sollen im Gerinne geeignete Kaltwasserrefugien in Form von tiefen Kolken und Deckungsstrukturen geschaffen werden. Die Art der Bestockung der Ufer soll eine möglichst rasche und weitgehende Beschattung im Gerinne ermöglichen. Gleichzeitig sollen grosse schatten spendende Bäume möglichst belassen werden und die Verpflanzung von erhaltenswerten Gehölzen geprüft werden.

4.3.9 Organismen

Die Uferbereiche der Muota im Abschnitt sollen Lebensraum für eine standorttypische und vielfältige Tier- und Pflanzenwelt bieten. Dazu sollen Aufweitungen im Gerinne, Platz für sich eigendynamische entwickelnde Lebensräume bieten. Dazu gehören neben Pionierstandorten auch in geringem Umfang Flächen, an welchen sich Weichholzaunen (EN) etablieren können, und möglicherweise stellenweise Flussuferföhricht. Im Gewässerraum wird flächendeckend eine standorttypische Vegetation weitgehend bestehend aus standortgerechten Gehölzen angestrebt. Wertvolle Waldfläche und Ufergehölze werden möglichst weitgehend erhalten, wozu auch Verpflanzungen vorgenommen werden sollen.

Die Voraussetzungen für eine möglichst gute Vernetzung mit Artenpools in der Umgebung sollen im Projektperimeter geschaffen werden. Namentlich zu den kommunalen

Naturschutzzonen, den inventarisierte Einzelobjekte und dem Wald am Urmiberg rechts der Muota.

Biber und Fischotter sind geschützte Arten, welche in der Schweiz in Ausbreitung sind. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Arten innerhalb der Nutzungsdauer des Bauwerks im Projektperimeter einfinden. Im Rahmen des Möglichen sollen die Lebensraumanforderung dieser ökologisch sehr wertvollen Arten berücksichtigt werden.

Im Gerinne soll Lebensraum für Äsche, Barbe, Nase und Bachforelle geschaffen werden, also für Kieslaicher. Dazu soll die natürliche Sohlenbreite und -dynamik wieder hergestellt sowie geeignete Strukturen zur Diversifizierung der Lebensräume errichtet werden. Die Seeforelle ist für die Durchgängigkeit massgeblich, betreffend Lebensräume ist sie jedoch nicht die Leitart.

4.4 Zielsetzungen Gesellschaft und Naherholung

Neben den ökologischen Entwicklungszielen und den Zielen des Hochwasserschutzes werden mit dem Revitalisierungsprojekt auch Ziele im Bereich Gesellschaft und Naherholung verfolgt. Namentlich soll durch das Projekt die Muota als prägendes Landschaftselement und als naturnaher Naherholungsraum für die Bevölkerung aufgewertet werden.

Basierend auf den bestehenden Planungen, behördenverbindlichen Vorgaben (vgl. Kapitel 3.2.10.3) und den Diskussionen in der Fachgruppe Naherholung² ergeben sich betreffend Naherholung folgende Projektziele:

- räumliche Entflechtung von Naherholung und Naturschutz
- punktueller Wasserzugang für aktives Erleben am Wasser, unter Berücksichtigung Naturschutz und Sicherheit, schaffen
- Voraussetzungen für einen Ersatzneubau Fussgängerbrücke / Steg Husmatt schaffen
- Naherholung am Ufer über weite Strecken ermöglichen
- Räumliche Entflechtung Langsamverkehr und Privaterschliessungen (Konflikt Hofdurchquerung Husmatt)
- gesetzliche und behördenverbindliche Vorgaben bzgl. Langsamverkehr respektieren

Aus der Nutzungsvereinbarung (Beilage 1.01) ergeben sich zudem die Vorgaben, dass im Projektperimeter keine neuen Parkplätze für den motorisierten Individualverkehr geschaffen werden sollen und dass die Zwecke der Revitalisierung (ökologische Projektziele) und des Hochwasserschutzes durch die Naherholungsinfrastruktur und ihre Nutzung Nutzungen nicht in Frage gestellt werden dürfen.

Für die die räumliche Entflechtung der Naherholung und der Natur sollen für die konkrete Planung der baulichen und raumplanerischen Massnahmen für sämtliche Projektabschnitte räumliche Schwerpunkte, folgender Kategorien definiert werden:

² Zusammensetzung Fachgruppe Naherholung: ebs Energie AG, dBezirk Schwyz, Gemeinde Ingenbohl, Fachstelle Langsamverkehr Tiefbauamt, Abteilung Wasserbau Amt für Gewässer und Planergemeinschaft INGE Mehrwert Muota

- **Schützen:** Naturräume werden aktiv geschützt (Lenkungsmaßnahmen)
- **Rücksicht nehmen:** Naturräume werden nicht aktiv geschützt, die Zugänglichkeit wird jedoch auch nicht aktiv gewährleistet
- **Erleben:** Erholungsräume werden aktiv angeboten, so dass das Erleben der Ufer oder ein direkter Zugang zum Gewässer möglich ist

Als Richtgrösse sind ca. 50% des Revitalisierungsabschnitts der Kategorie «schützen» zuzuordnen [39].

Das Projekt bietet die Chance, den bestehenden Nutzungskonflikt zwischen Langsamverkehr, Naherholung und Landwirtschaft zu lösen. Durch die Überbauungen in Brunnen Nord (Nova Brunnen) wird sich der Nutzerdruck auf das Naherholungsgebiet der Muota kurz- bis mittelfristig wesentlich erhöhen. Es gilt mit geeigneten (Lenkungs-)Massnahmen und einer klar definierten Wegführung eine unkontrollierte Nutzung und ausufernde Konflikte zwischen Naherholung, Natur und Landwirtschaft zu verhindern.

5 MASSNAHMENPLANUNG

5.1 Variantenstudium Wasserbau

5.1.1 Varianten Einmündung Seeweren

Im Rahmen des Variantenstudiums wurden beim Zusammenfluss der Seeweren mit der Muota zwei verschiedene Varianten geprüft. Namentlich standen folgende Varianten zur Diskussion:

- Variante C1: Schmale, hydraulisch optimierte Einmündung der Seeweren
- Variante C2: Lokale Aufweitung der Seewerenmündung, Weichholzaue

Variante C1: Schmale, hydraulisch optimierte Einmündung der Seeweren

Der Zusammenfluss von Seeweren und Muota verbleibt in etwa an der heutigen Stelle unter der Brücke Langensteg. Die Variante sieht vor die Seeweren in einem hydraulisch optimierten Winkel (schleifend, fast parallel zur Muota) in die Muota einzuleiten. Durch den Rückbau der Betonmauern und dem Stahltor bei der Einmündung kann so der Rückstau der Muota in die Seeweren im Hochwasserfall ein Stück weit reduziert werden. Vorteile der Variante sind, dass eine hydraulisch optimierte Einleitung der Seeweren erfolgen kann (reduzierter Rückstauereffekt) und die Kosten für die Umsetzung im Vergleich günstiger ausfallen (deutlich weniger Aushub). Die Nachteile sind primär ökologischer Natur. Das ökologische Potenzial des grossen, bereits bestehenden Gewässerraums wird mit einer schmalen Einmündung nicht genutzt.

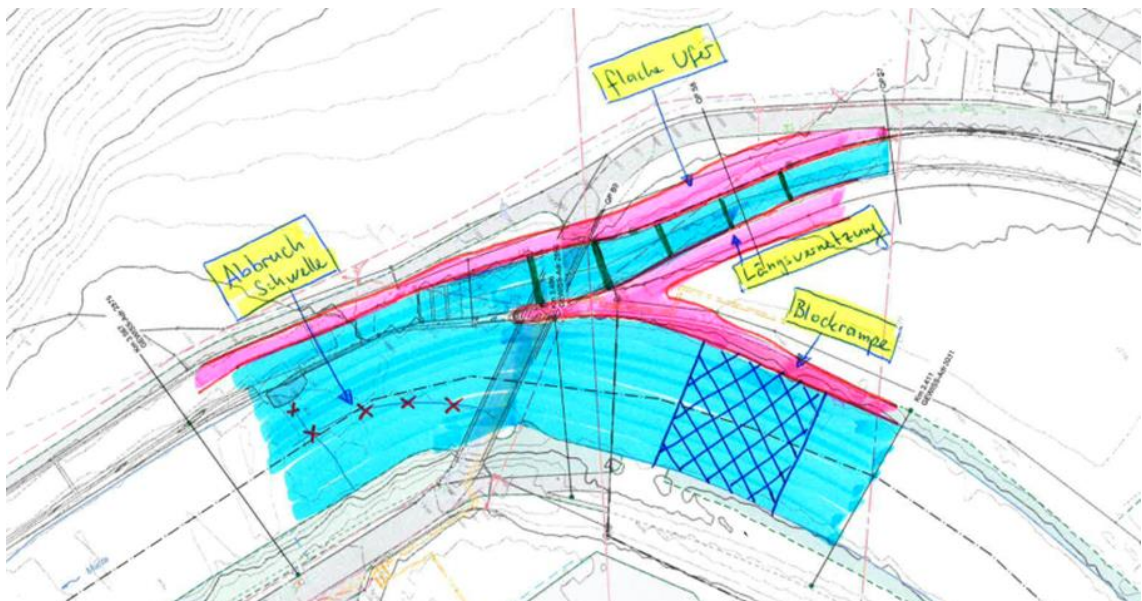


Abbildung 22: Skizze aus dem Variantenstudium. Variante S1, hydraulisch optimierte Seewerenmündung

Variante C2: Lokale Aufweitung der Seewerenmündung, Weichholzaue

Eine naturnahe Morphologie der Einmündungen von Seitengewässern erhöht die Vernetzung von Fliessgewässern. Kleinräumige Massnahmen im Einmündungsbereich von Seitengewässern haben oft eine grossräumige positive Auswirkung im Einzugsgebiet [40]. Der Zusammenfluss von Seeweren und Muota als unterschiedliche Wasserkörper ist grundsätzlich ein Hotspot für Fische. Variante S2 sieht vor, den Gewässern und dem Einmündungsbereich hier möglichst viel Platz zu geben. So, dass sich das Gerinne dynamisch gestalten kann. Der bestehende, bereits rechtskräftig ausgeschiedene Gewässerraum am linken Ufer der Seeweren soll vollumfänglich für eine lokale Aufweitung der Mündung ausgenutzt werden. Die linksufrigen Uferböschungen werden zuerst steiler, und dann ab ca. Kote HQ₂ sehr flach angelegt. So soll zwischen den Gewässern die Möglichkeit für die Entstehung einer Weichholzaue geschaffen werden. Die Ufer werden flächendeckend bestockt. Damit der Abfluss der Seeweren auch in Richtung Muota drücken kann wird mit Totholzstrukturen am rechten Ufer eine Lenkung initiiert.

Die Variante C2 wurde im Rahmen der Projektgruppensitzung³ vom 05.04.2023 als weiterzuverfolgende Bestvariante für die Einmündung der Seeweren festgelegt. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung des Vorprojekts wurde die Planung der Variante dann verfeinert (vgl. Abbildung 24).

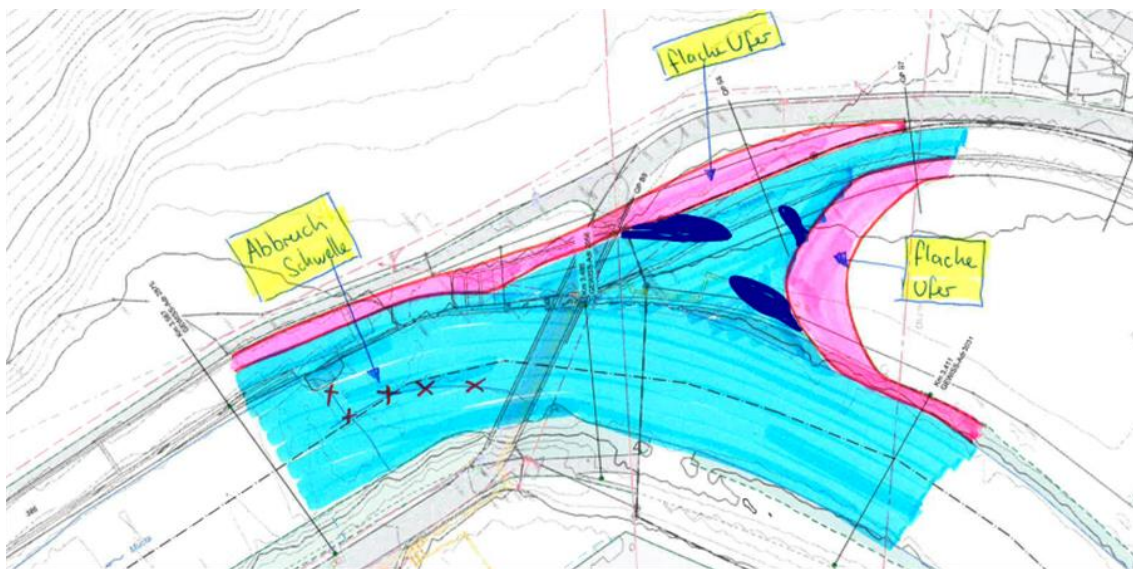


Abbildung 23: Skizze aus dem Variantenstudium. Variante C2, lokale Aufweitung der Seewerenmündung

³ Zusammensetzung Projektgruppe: ebs Energie AG, Bezirk Schwyz, Gemeinde Ingenbohl, WWF, AquaViva, Amt für Gewässer Abteilungen Wasserbau und Fischerei, Planergemeinschaft INGE Mehrwert Muota

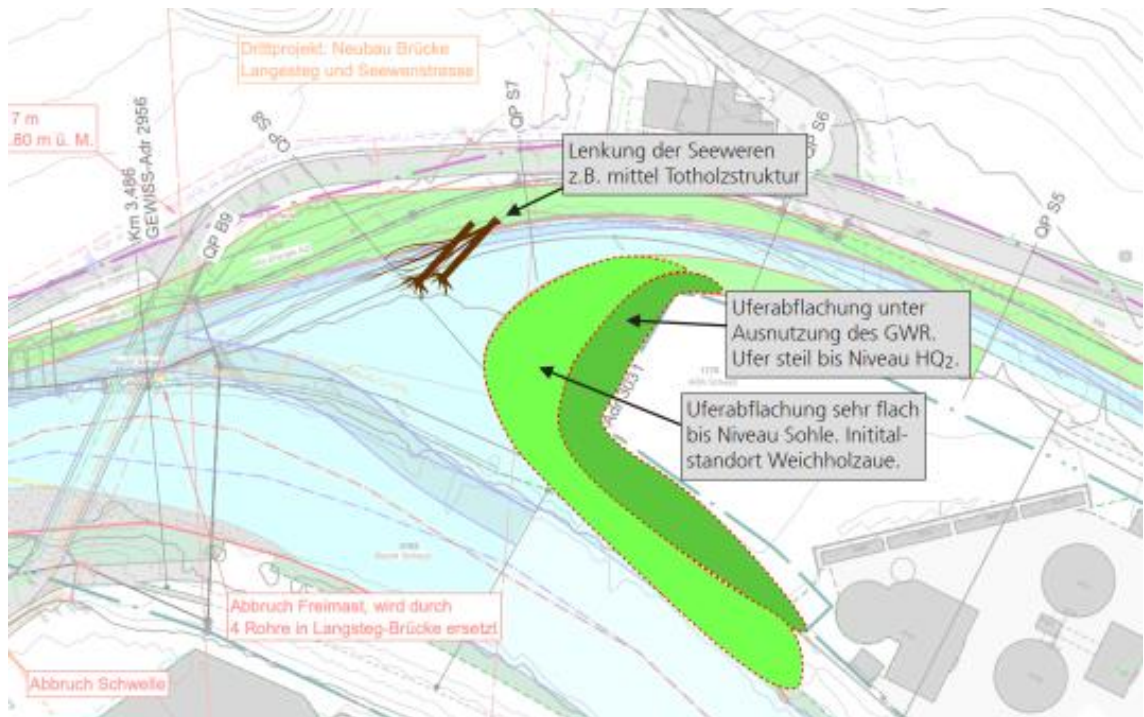


Abbildung 24: Weiterentwickelte Variante C2 im Rahmen der Begehung vom 18.07.2023 mit der Abteilung Fischerei, Amt für Gewässer Kt. Schwyz

5.1.2 Varianten im Bereich Altarm

Die Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen zur Neukonzessionierung der Muotakraftwerke [41] sehen eine naturnahe Anbindung des unteren Teils des Unterwasserkanals an die Muota in Form eines Altarms und eine Absenkung der dazwischenliegenden Waldinsel vor.

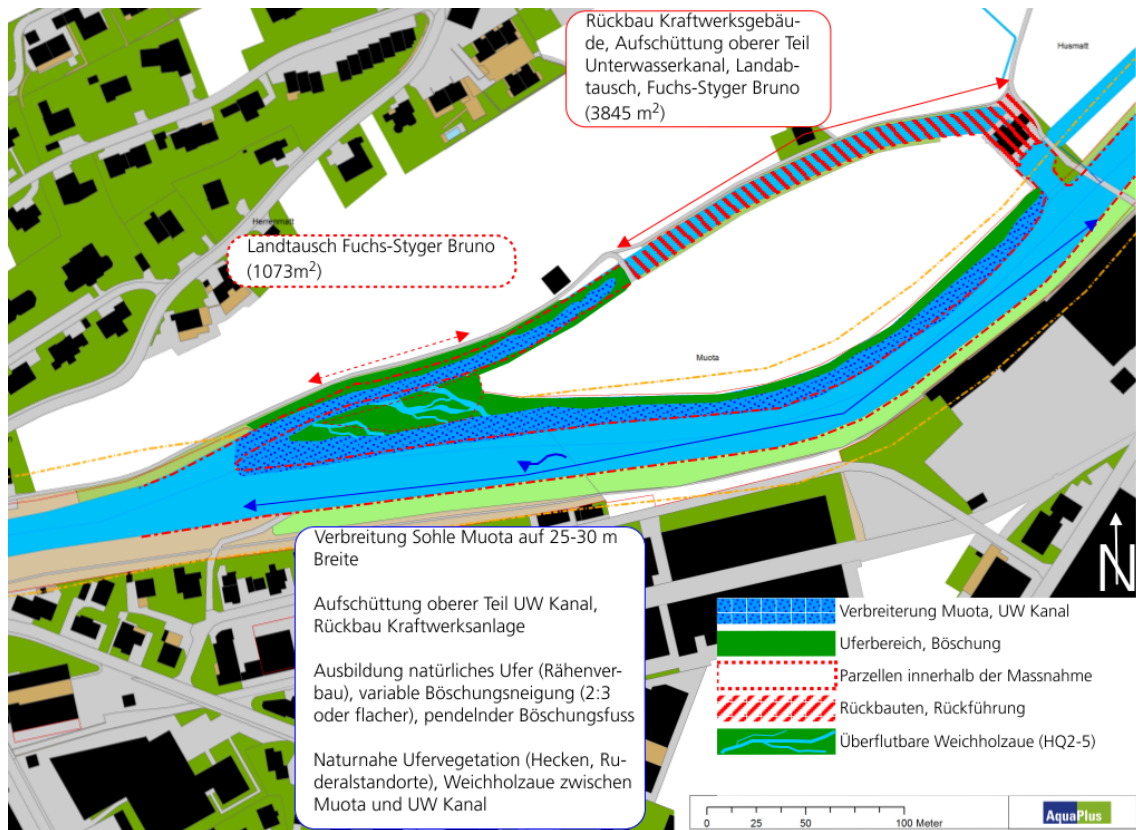


Abbildung 25: Skizze Ersatz- und Ausgleichmassnahmen, Neukonzessionierung Muotakraftwerke [41]

Im Rahmen eines Variantenstudiums auf Stufe Vorprojekt wurde der Ideenfächer für diesen Bereich nochmals geöffnet. In einem ersten Schritt wurden folgende drei Varianten geprüft:

- Variante A1: Variante Altarm mit abgesenktem Auenwald (Ursprungsvariante)
- Variante A2: Wässerwiesen
- Variante A3: Auenlandschaft

In einem zweiten Schritt wurden noch die folgenden, weiteren Varianten untersucht:

- Variante A4: Lokale Aufweitung über die gesamte Breite (Abtrag der Insel zwischen der Muota und dem Unterwasserkanal)
- Variante A5: Aufweitung mit Insel

Variante A1: Variante Altarm mit abgesenkter Auenwaldinsel

Die Variante A1 entspricht der Ursprungsvariante gemäss dem UVB / SNP Muotakraftwerke - Ersatzbedarf und Ausgleichmassnahmen [41]. Die Variante sieht vor, dass der Unterwasserkanal nach dem Rückbau des Kraftwerks Brunnen nicht mehr durchflossen wird und der untere Teil des Unterwasserkanals in ein natürliches Gewässer umgeformt und die Funktion eines angebundenen Altarms wahrnehmen wird. Der Altarm kann so als Rückzugsraum bei Hochwasserereignissen und als Jungfischhabitat dienen, sowie Lebensräume für weniger strömungsliebende Fischarten bieten. Im Bereich der Insel soll das Terrain so modelliert bzw. abgesenkt werden, dass es regelmässig (bei einem HQ₂) überflutet wird, so dass sich das Gebiet zu einem Auenwald entwickeln kann.

Die Projektgruppe hat an ihrer Sitzung vom 05.04.2023 die Variante V1 als mögliche Lösung akzeptiert. Die Gründe dafür sind:

- Die Variante entspricht der ursprünglichen Variante des UVB / SNP Muotakraftwerke - Ersatzbedarf und Ausgleichsmassnahmen [41] und ist sowohl bei den Gremien der Bauherrschaft als auch dem heutigen Grundeigentümer akzeptiert (vorbesprochener Landabtausch)
- Der Landerwerb für diese Variante ist realisierbar
- Der Konsum an inventarisierten Fruchtfolgeflächen ist minimal



Abbildung 26: Skizze aus dem Variantenstudium, Variante A1 Altarm

Variante A2: Wässerwiesen

Die Variante A2 Wässerwiesen würde eine Verknüpfung zwischen Natur und Landwirtschaft entstehen lassen. Der Unterwasserkanal wird analog zur Variante 1 zu einem Altarm modelliert. Die resultierende Grünfläche wird zu sogenannten Wässerwiesen umgenutzt. Wässerwiesen sind eine traditionelle, jahrhundertalte Bewässerungs- und Bewirtschaftungsform in der Landwirtschaft, welche bis ins Mittelalter zurückreichen. Sie zeichnen sich unter anderem durch eine sehr hohe Biodiversität aus und können vor allem mit zunehmenden Trockenperioden von grossem Vorteil sein. Die Wässerwiesen sollen an die einst vorherrschenden Feuchtgebiete erinnern ohne, dass das Land der Landwirtschaft gänzlich entzogen wird.

Zusätzlich sieht die Variante vor das alte Kraftwerksgebäude zu einem Besucherzentrum umzunutzen.

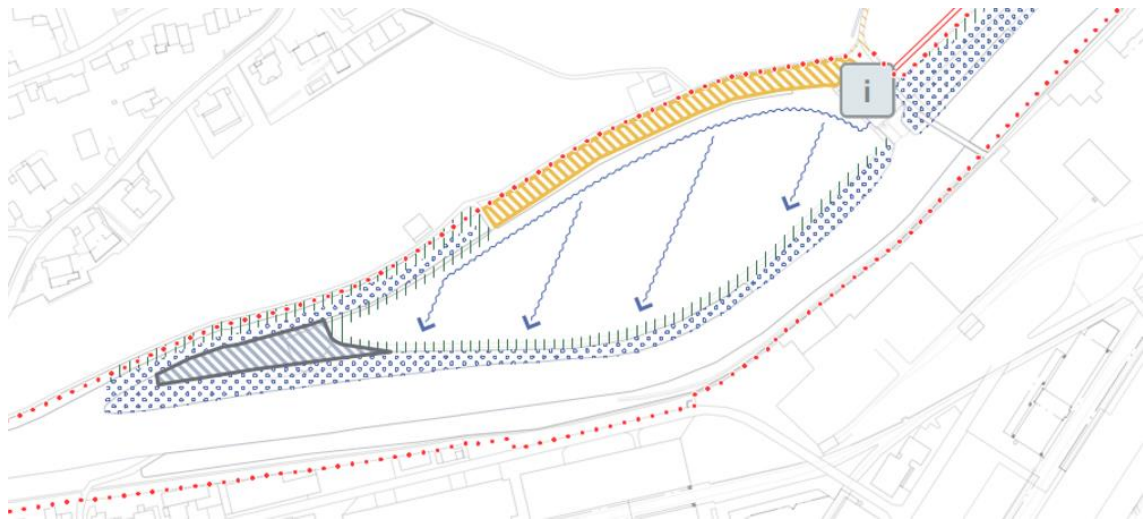


Abbildung 27: Skizze aus dem Variantenstudium, Variante A2 Wässerwiesen

Variante A3: Auenlandschaft

Die Variante A3 soll einer möglichen, naturnahen Flussdynamik einen maximalen Spielraum geben. Der Unterwasserkanal wird wie in A1 beschrieben zu einem Altarm umgeformt. Die resultierende Grünfläche wird zur Hälfte so modelliert werden, dass die Entwicklung zu einem Auenwald ermöglicht wird. Weiter werden im oberen Abschnitt vereinzelt Gehölzgruppierungen stehen gelassen. Die bestehenden Gehölze sollen somit ihren Beitrag zur Uferstabilisierung leisten und anhand des Wurzelwerkes Unterschlupf für Jungfische und Flusskrebse bieten. Zuletzt soll die Schüttung oder die eigendynamische Entstehung von Kiesbänken und Pionierstandorten, die Schaffung neuer Auenbereiche fördern.



Abbildung 28: Skizze aus dem Variantenstudium, Variante A3 Auenlandschaft

Die Varianten A2 Wässerwiesen A3 Auenlandschaft wurden von der Projektgruppe an ihrer Sitzung vom 05.04.2023 aus nachfolgenden Gründen verworfen:

- Die Wiesenflächen zwischen Muota und heutigem UW Kanal sind als FFF inventarisiert. Durch das Vernässen der Wiesen (Variante A2 Wässerwiesen) wird die FFF Qualität gefährdet. Durch eine Umwandlung in eine Aue (Variante A3)

würden FFF-Flächen konsumiert. Der Erhalt von FFF-Flächen geniesst einen hohen gesetzlichen Stellenwert.

- Eine Vernässung der Wiesen, vom Unterwasserkanal her, wie in der Skizze in Abbildung 27 vorgesehen, ist durch die Teilzuschüttung des UW-Kanals technisch kaum zu realisieren.
- Die Varianten A2 und A3 stehen im Widerspruch zu den Interessen des Grundeigentümers. Ein Landerwerb dafür ist aus heutiger Perspektive nicht realistisch.
- Aufbau und Betrieb eines Besucherzentrums im ehemaligen Kraftwerksgebäude (Variante A2) sind weder im Interesse der Bauherrschaften (ebs Energie AG und Bezirk) noch der Gemeinde Ingenbohl

Variante A4: Lokale Aufweitung

Variante A4 sieht im Bereich des Zusammenflusses vom heutigen Unterwasserkanal und Muota eine lokale Aufweitung vor. Dabei würde der gesamte Bereich zwischen der Muota und dem heutigen UW-Kanal maschinell, bis auf das Sohlenniveau der Muota abgetragen und für eine eigendynamische Kiesbankentwicklung vorbereitet. Variante 4 wurde zugunsten der Variante A5 verworfen. Die Hauptgründe hierfür sind:

- Der maschinelle Abtrag des gesamten Waldbereichs zwischen UW-Kanal und Muota ist kostenintensiv (grosse Aushubkubaturen).
- Bestehende, wertvolle Naturwerte (Wald) würden gänzlich entfernt

Variante A5: Aufweitung mit Insel

Im Bereich des Zusammenflusses vom heutigen Unterwasserkanal und Muota soll mit Variante A5, wie bei Variante A4 eine weitere Aufweitung entstehen. Dabei soll die Fläche, auf welcher heute Wald ausgeschieden ist, jedoch nicht maschinell abgetragen, sondern als Insel mit dem heutigen Terrainniveau und bestehenden Gehölzen erhalten bleiben. Dabei ist auf der Waldfläche eine selektive Durchforstung vorzunehmen, um standortfremde Arten zu entfernen. Zwischen Insel und Gewässerraumgrenze wird das Terrain auf ein Niveau HQ₁-HQ₂ (Durchstich) abgesenkt, so wie dies in der Ursprungsvariante A1 für den gesamten Waldbereich geplant war. Der untere Teil des heutigen Unterwasserkanals wird so zum regelmässig durchflossenen Seitenarm und soll sich eigendynamisch entwickeln und z.B. als Jungfischlebensraum ausbilden können. Die Ufersicherungen im Bereich der zukünftigen Insel werden entfernt und es werden Initialmassnahmen (Anrissstellen) geschaffen. Es wird so oberhalb der Insel eine Aufweitung auf eine Breite von ca. 80 m geschaffen. Im obersten Teil des heutigen Unterwasserkanals bleibt ein kleines «Hinterwasser» bestehen. Eine gemeinsame Begehung vom 18.07.2023 mit der Abteilung Fischerei (Amt für Gewässer, Kt. Schwyz) hat ergeben, dass es aus Sicht Fischerei keine eigentlichen oder weiteren «Rückzugsgewässer» braucht.

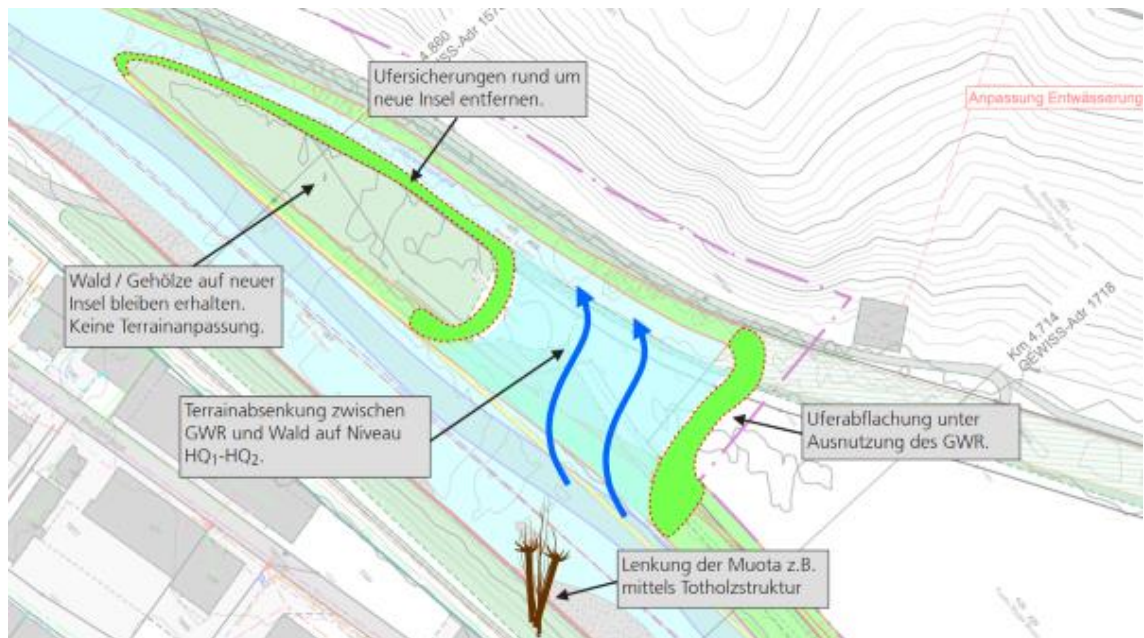


Abbildung 29: Variante A5, entwickelt im Rahmen der Begehung vom 18.07.2023 mit der Abteilung Fischerei, Amt für Gewässer Kt. Schwyz

Die Variante A5 Aufweitung mit Insel wurde als Bestvariante in das Vorprojekt aufgenommen. Die Gründe hierfür sind:

- Die Variante entspricht der historischen Situation um 1900 (vgl. Abbildung 30)
- Mit der Variante kann ein Teil der Waldvegetation (bestehende, wertvolle Naturwerte) auf der Insel erhalten und einer eigendynamischen Entwicklung überlassen werden. Bei einer Niveauabsenkung der gesamten Insel (Variante A1) hätte der gesamte bestehende Waldbestand auf der Insel gerodet werden müssen.
- Der Landerwerb für diese Variante ist realisierbar
- Der Konsum an inventarisierten Fruchtfolgeflächen ist minimal. Wobei der konsumierte Anteil an FFF mit der Waldfläche überlagert (Ungereimtheit Inventar).
- Die Variante wahrt das Verhältnismässigkeitsprinzip nach GSchG Art. 37, WaG Art. 1, Art. 3, USG
- Die Variante erfüllt die Vorgabe aus der Nutzungsvereinbarung (NuV) wonach die Entwicklung einer naturnahen, dynamischen Gerinneform mit standortgerechten Sohlenstrukturen sowie naturnahen Ufern mit einer standortgerechter Ufervegetation anzustreben ist.
- Mit der Variante werden die Massnahmen Nr. 2 und Nr. 2a aus den Massnahmenblättern des UVB / SNP Muotakraftwerke - Ersatzbedarf und Ausgleichsmassnahmen [41], welche gemäss NuV integraler Bestandteil der Planung sind, weiterentwickelt und umgesetzt.



Abbildung 30: Historische Situation um 1894, gemäss dem Geoportal des Bundes (map.geo.admin.ch)

5.1.3 Varianten im Gerinne der Muota

Für den Teilabschnitt zwischen der Brücke Langensteg und dem Kraftwerksgebäude des KW Brunnen wurden im Rahmen des Variantenstudiums verschiedene Varianten und Teilaspekte diskutiert. Für die Realisierung der eigentliche Gerinneverbreiterung wurden zwei mögliche Varianten diskutiert.

Variante B1: Gerinneverbreiterung bis und mit UK-Kanal

Die Variante B1 sieht eine Gerinneverbreiterung der Muota bis an das rechte Ufer des heutigen Oberwasserkanals, gemäss den Massnahmenblättern des UVB / SNP Muotakraftwerke - Ersatzbedarf und Ausgleichsmassnahmen [41], vor. Dies entspricht dem vorbesprochenen Landabtausch und ist sowohl bei den Gremien der Bauherrschaft als auch den heutigen Grundeigentümern voraussichtlich akzeptiert (vgl. Abbildung 31).

Variante B2: Gerinneverbreiterung mit differenziertem Landerwerb

Variante B2 sieht eine ggü. den Massnahmenblättern differenzierte Gerinneverbreiterung vor. Namentlich würde ein grösserer Landerwerb zur Maximierung der lokalen Aufweitung im Abschnitt der Innenkurve bei Gewiss Nr. 2527 bis Gewiss Nr. 2311 auf Kosten der Gerinnebreite weiter flussabwärts zwischen gewiss Nr. 2192 bis Gewiss Nr. 2016 erfolgen. In der Summe bliebe der Landerwerb gleich (vgl. Abbildung 32).

Die Projektgruppe hat an ihrer Sitzung vom 05.04.2023 entschieden Variante B1 weiterzuverfolgen, da bei dieser Variante mit Blick auf den Landerwerb die Realisierbarkeit gegeben ist.

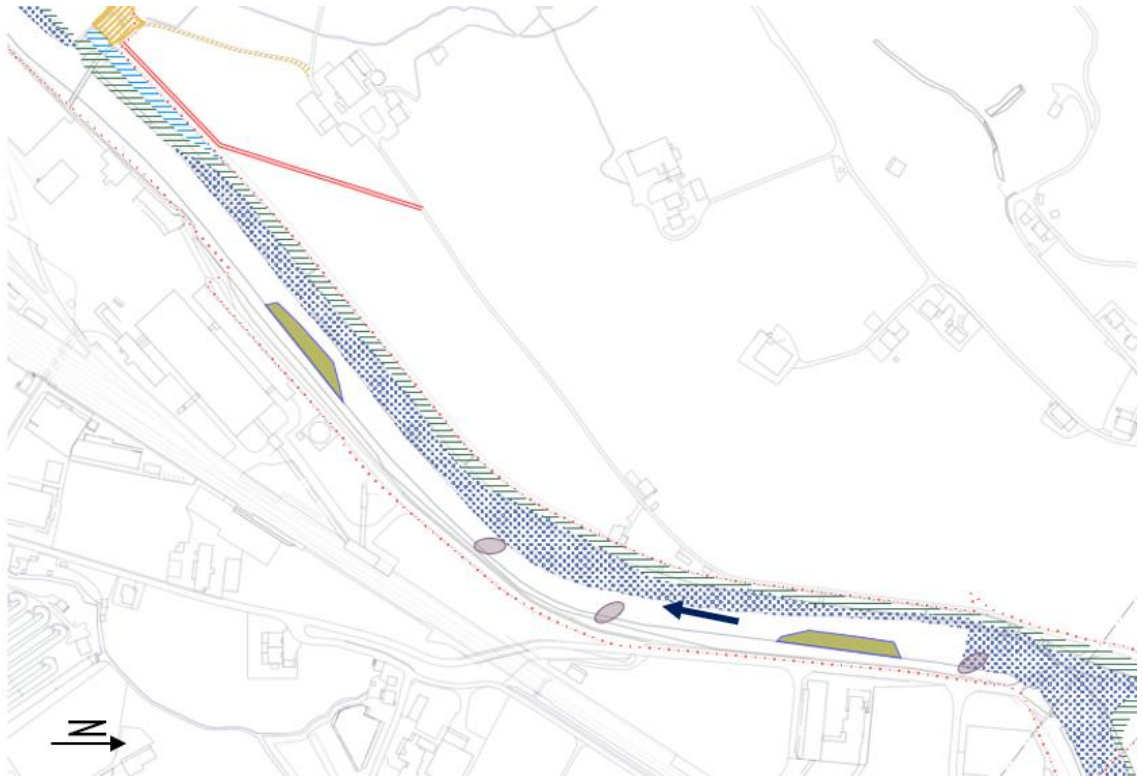


Abbildung 31: Skizze Variante B1, Gerinneaufweitung bis und mit UW-Kanal



Abbildung 32: Skizze Variante B2, Gerinneaufweitung mit differenziertem Landerwerb

Maximierung Gerinnesohlenbreite

Weiter wurde diskutiert, ob die Gerinnesohlenbreite maximiert werden soll, in dem steile Böschungen ausgebildet werden (mehr Sohlenbreite auf Kosten von flachen Ufern) und

indem im Abschnitt Gewiss Nr. 2956 bis Gewiss Nr. 2641 die rechte Kanalmauer erhalten und in den Uferverbau integriert wird. Beide Ideen wurden von der Projektgruppe aus folgenden Gründen verworfen:

- Die Ufer sollen grundsätzlich naturnah und mit abwechslungsreichen Böschungsneigungen ausgebildet werden. Auch bei den Uferböschungen ist eine Strukturvielfalt anzustreben, d.h. es sollen sowohl steile ($n = 2:3$) als auch flache Ufer ($n = 1:2, 1:3$) vorkommen.
- da die Sohle der Muota tiefer liegt als diejenige des Kanals, würde das Stehenlassen der Kanalmauer als Ufermauer im Abschnitt Gewiss Nr. 2956 bis Gewiss Nr. 2641 ein aufwändiges Unterfangen der Mauer nach sich ziehen
- das Stehenlassen der rechten Kanalmauer im Abschnitt Gewiss Nr. 2956 bis Gewiss Nr. 2641 stünde im Widerspruch zur angestrebten Durchgängigkeit des Wildtierkorridors, welcher an dieser Stelle die Muota quert.

5.2 Hydraulische Modellierung

5.2.1 Software und Modellaufbau

Für die Ermittlung der Wasserspiegellagen wurden hydraulische 2D-Modellberechnungen mit der Software „Basement“ (VAW, ETHZ) durchgeführt.

Grundlage für den Modellaufbau bildeten folgende Daten und Angaben:

- Projektquerprofile der Muota und der Seeweren (3D im .dxf-Format) im Projektperimeter
- BAFU-Querprofile der letzten Vermessungskampagne (Jahr 2015) unterstrom und oberstrom des Projektperimeters bzw. der baulichen Massnahmen
- Terrainmodell swissALTI3D, Swisstopo

Um unerwünschte Rand- und Modellierungseffekte auszuschliessen wurde der Modellperimeter ggü. dem eigentlichen Projektperimeter sowohl unter- als auch oberstrom um je ca. 400 m Länge verlängert (vgl. Abbildung 33).

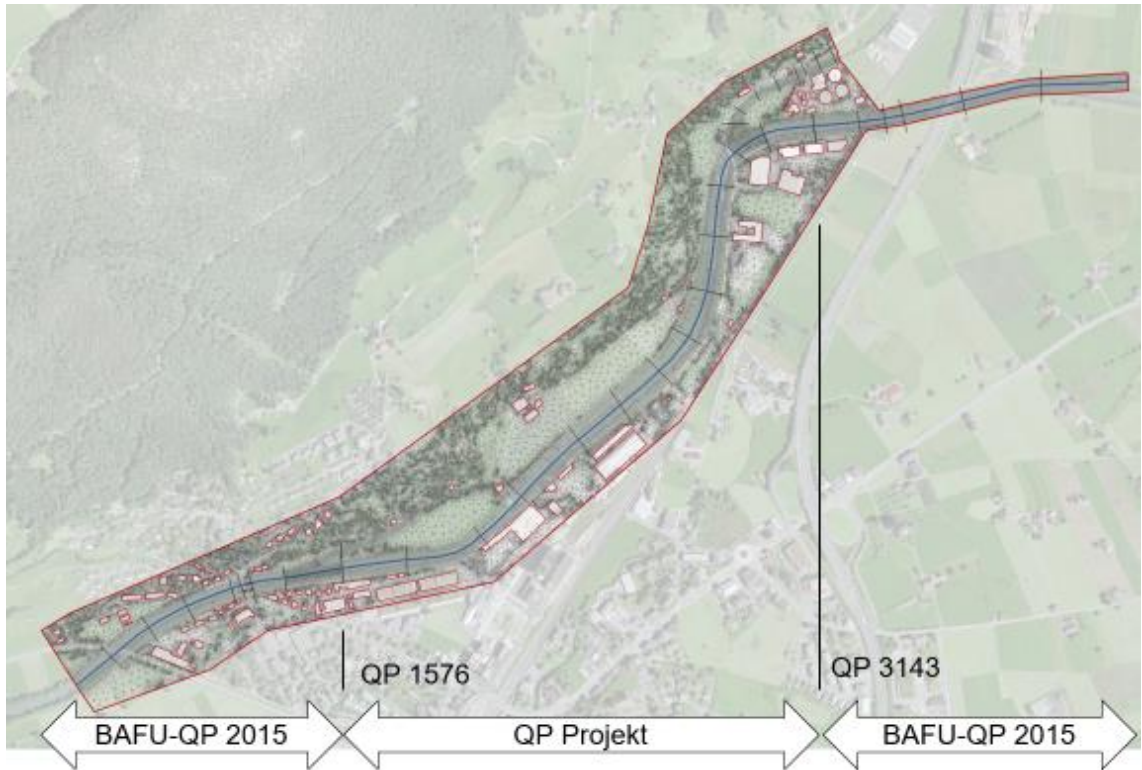


Abbildung 33: Modellperimeter und Darstellung der verwendeten Querprofildaten im 2D-Modell

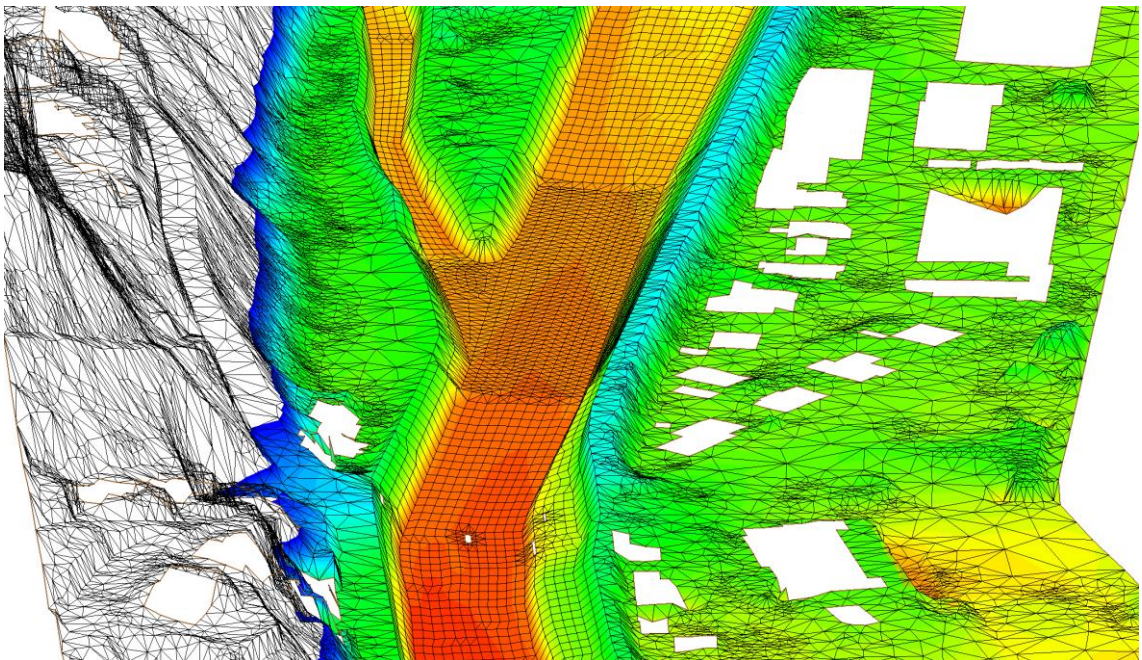


Abbildung 34: Berechnungsnetz 2D-Modell im Bereich der historischen Wylerbrücke und des zukünftigen Altarms (UW-Kanal), Blickrichtung flussaufwärts

5.2.2 Teilverkläuserung historische Wylerbrücke und Projektsohlenlage

Beim Ereignis im Jahr 2005 kam es zu einer Teilverkläuserung der historischen Wylerbrücke mit Schwemmholz. Im Nachgang erfolgten Modellversuche und -berechnungen der EPFL (LCH) zur Ermittlung der Verkläuserungsgefahr [42]. Im Bericht wird aufgezeigt, dass mit einer Erhöhung der Brücke um einen Meter, welche schliesslich im Jahr 2007

umgesetzt wurde, die Verklauungsgefahr zwar verringert wird, bei Grossereignissen aber weiterhin besteht.

Für die Wasserspiegelberechnung wurde deshalb im 2D-Modell eine Teilverklauung der historischen Wylerbrücke eingebaut. Konkret wurde angenommen, dass rund 2/5 des Durchflussprofils ab dem linken Ufer verklaut sind. Dieser Teil des Durchflussprofils wurde im Modell mit sehr hohen Rauigkeiten als schlecht durchfliessbare Fläche ausgebildet (vgl. Abbildung 35 und Abbildung 36).

Weiter wurde bei allen Querprofilen im Modell, die im Rahmen der Geschiebebetrachtungen ermittelten mittleren Projektsohlenlagen eingebaut (vgl. Kapitel 5.3).

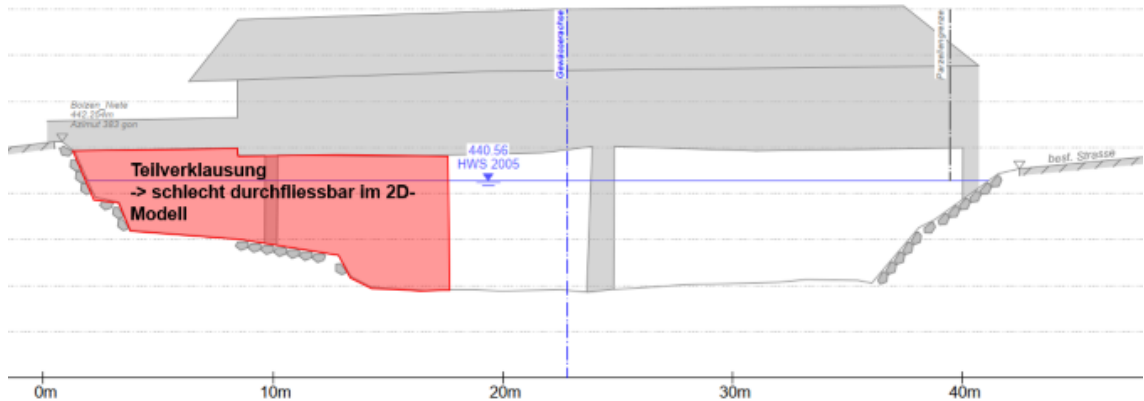


Abbildung 35: Schematische Darstellung des Einbaus der Teilverklauung im 2D-Modell

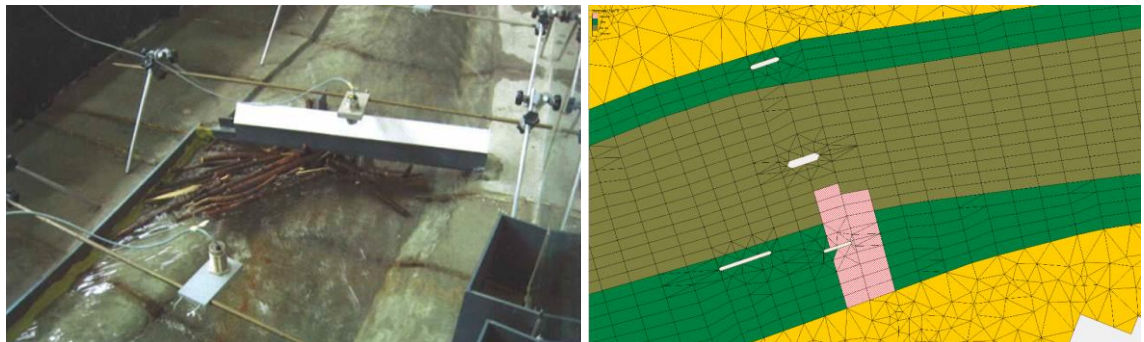


Abbildung 36: Teilverklauung bei den physikalischen Modellversuchen am LCH-EPFL bei Abfluss HQ₃₀₀, bei einer um 1 m angehobenen Brücke (links) und Abbildung der Teilverklauung im Berechnungsnetz des 2D-Modells (rechts)

5.2.3 Vorgehen und Plausibilisierung des Modells

Für eine Plausibilisierung des Modells kann auf eingemessene Hochwasserspuren und eine Abflussganglinie der Messstation Ingenbohl vom Hochwasserereignis im Jahr 2005 abgestützt werden. Die aufgenommenen Hochwasserspuren bestehen für den untersten Teil des Projektperimeters, ab ca. Gewiss-Adresse 1893.

Anstelle einer klassischen Modellkalibrierung im IST-Zustand, wurde eine Plausibilisierung anhand der genannten Hochwasserspuren und mit der Abflussgrösse des Ereignisses von 2005 ($Q = 433 \text{ m}^3/\text{s}$) durchgeführt. Die Plausibilisierung erfolgte anhand der Hochwasserspuren ober- und unterhalb der historischen Wylerbrücke, welche im Bereich liegen, wo mit dem Projekt keine baulichen Massnahmen erfolgen (der Bestand

bleibt hier erhalten). Namentlich wurden im Modell die Parameter so gesetzt, dass die Hochwasserspuren möglichst genau nachgebildet werden konnten.

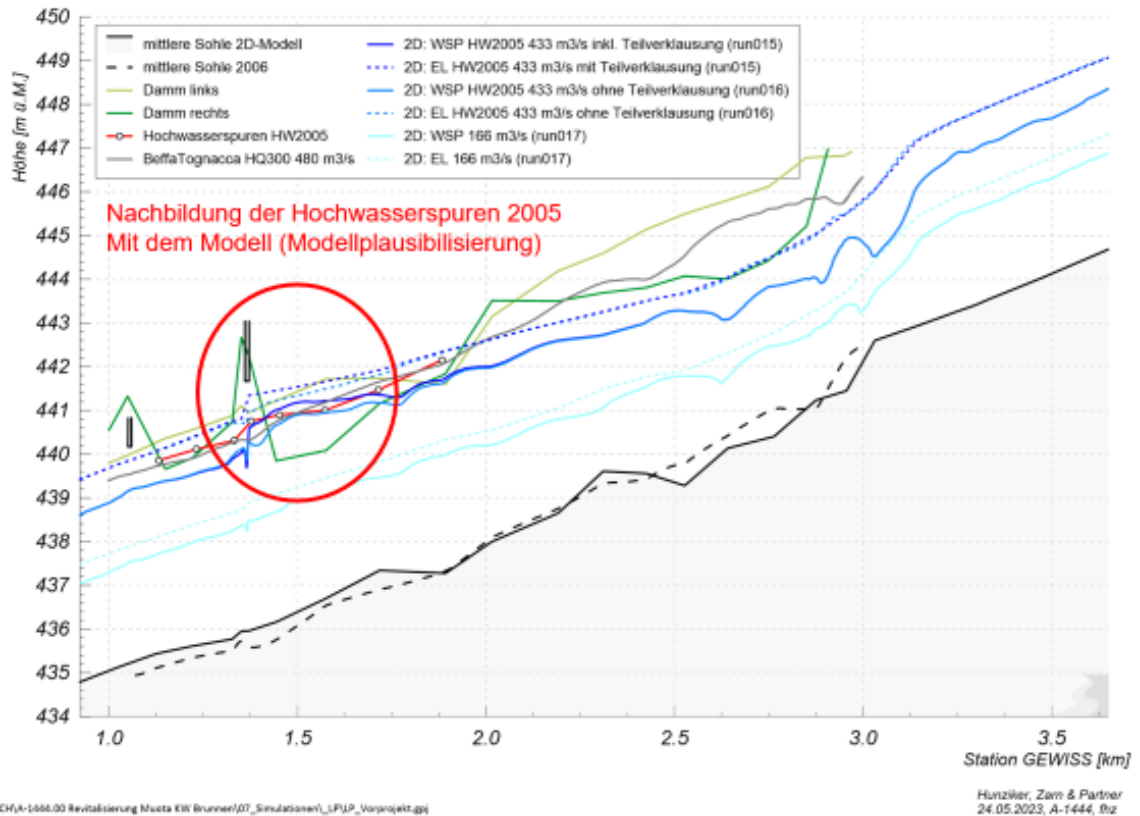


Abbildung 37: Längsprofil der Modellplausibilisierung anhand der Hochwasserspuren von 2005

5.2.4 Berechnete Szenarien

Im Rahmen des Vorprojekts wurden die Szenarien Q_{120} , HQ_{100} und HQ_{300} gerechnet und in den Projektplänen abgebildet.

Das Szenario Q_{120} wiedergibt einen mittleren Abfluss und setzt sich wie folgt zusammen:

- Abflussmenge Q_{120} , $Muota = 18.3 \text{ m}^3/\text{s}$, kombiniert mit
- Abflussmenge Q_{120} , Seeweren = $3 \text{ m}^3/\text{s}$
- Gesamtabflussmenge unterhalb Einmündung Seeweren $Q_{120, \text{ges}} = 21.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht dem langjährigen Q_{120} -Wert entsprechend Dauerkurve am Pegel Ingenbohl, Grundlage WSL 1991-2020)
- keine Teilverkläusung historische Wylerbrücke

Das Szenario HQ_{100} setzt sich wie folgt zusammen:

- Abflussmenge HQ_{100} , $Muota = 368 \text{ m}^3/\text{s}$, kombiniert mit
- Abflussmenge HQ_{100} , Seeweren = $32 \text{ m}^3/\text{s}$
- Gesamtabflussmenge unterhalb Einmündung Seeweren $HQ_{100, \text{ges}} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$
- Teilverkläusung historische Wylerbrücke

Das Szenario HQ_{300} seinerseits setzt sich wie folgt zusammen:

- Abflussmenge HQ_{300} , $Muota = 440 \text{ m}^3/\text{s}$, kombiniert mit

- Abflussmenge $HQ_{300, \text{Seeweren}} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$
- Gesamtabflussmenge unterhalb Einmündung Seeweren $HQ_{300, \text{ges}} = 480 \text{ m}^3/\text{s}$
- Teilverklausung historische Wylerbrücke

Auf den Querprofilplänen (Beilagen 2.05 bis 2.07) sind die jeweils über das Querprofil gemittelten Wasserspiegellagen dargestellt. Ebenso enthält Anhang B über das Querprofil gemittelte Werte. Es gilt festzuhalten, dass es in Aussenkurven, einen spürbaren Kurveneffekt gibt, welcher bis zu 25 cm höhere Wasserspiegellagen als auf den Vorprojektplänen dargestellt, nach sich ziehen kann.

5.3 Geschiebehaushalt nach Projektabschluss

Im Rahmen des Vorprojekts wurden anhand von Querprofilbetrachtungen und mithilfe der Software SedTrans fachliche Betrachtungen zum zukünftigen Geschiebehaushalt und Transportverhalten nach Bauabschluss vorgenommen. Es handelt sich dabei nicht um eine 1D- oder 2D-Geschiebemodellierung, sondern um Berechnungen in den einzelnen Quer- und/ oder Längsprofilen.

Konkret erfolgte eine Analyse des Geschiebetransport- und Auflandungsverhaltens des aufgeweiteten Gerinnes ggü. dem IST-Zustand bei Annahme von gleichen Input-Frachten und Korngrössen. Die Angaben zu den Geschiebefrachten und den Korngrössen sind dem Bericht zur Sanierung Geschiebehaushalt [7] entnommen.

Mit Blick auf das Geschiebetransportdiagramm im Bericht zur Sanierung des Geschiebehaushalts [7] und die vorherrschenden Rahmenbedingungen im Flussabschnitt oberhalb des Projektperimeters (Abschnitt zwischen Einmündung Seeweren und KW Ibach) wird nach heutigem Kenntnisstand erwartet, dass auch im Sollzustand (nach der Sanierung des Geschiebehaushalts) eine jährliche Geschiebefracht von ca. 5'000 – 5'500 m^3/a Geschiebe in den Projektperimeter gelangt (Input-Fracht). Die limitierenden Faktoren (für einen grösseren Eintrag) stellen die Transportkapazität des oberliegenden Flussabschnitts zwischen der Einmündung Seeweren und dem Kraftwerk Ibach und die dort aktuell bestehende Erosionstendenz dar.

Ein Grossteil des eingetragenen Geschiebes wird sich in einer ersten Phase im Projektperimeter ablagern und zu den erwünschten Kiesbankbildungen führen. Mit zunehmender Kiesablagerung nimmt das Längsgefälle der Sohlenlage zu und es wird sich, bezogen auf die von oben herkommende Geschiebefracht, allmählich eine neue Gleichgewichtssohle (= Projektsohle) einstellen. Erwartet wird aufgrund der Abschätzungen im Vorprojekt eine Zunahme des heutigen Längsgefälles von rund 3.5 – 3.8 ‰ auf ein neues Gleichgewichtsgefälle von ca. 4.5 – 5.0 ‰. Die Auflandung in der Sohle startet ungefähr bei der Gewiss-Adresse 1893 und wirkt sich flussaufwärts, bis zur Einmündung Seeweren aus.

Mit Hinblick auf die weitere Projektierung und eine 2D-Geschiebemodellierung gilt es festzuhalten, dass bei den gemachten Berechnungen eine hohe Sensitivität bzgl. Korngrössen besteht. Weiter ist der Geschiebeeintrag und die sich einstellende Gleichgewichtssohle im Projektperimeter stark abhängig vom oberliegenden Flussabschnitt (KW

weiteres Totholz eingesetzt. Das Material wird in der vegetationsfreien Zeit von November bis Mitte April lagenweise in die Uferböschung eingebaut und dabei möglichst tief (> 3 m) in die Böschung eingebunden. Die Äste ragen nach Einbau etwa 0.5 bis 1 m aus der Böschung heraus. Über diese Lage biogenen Materials wird eine ca. 50 cm dicke Schicht aus anstehendem Material (Kies, Geröll, teilw. Oberboden) eingebracht und leicht verdichtet, wodurch auch die Zwischenräume des darunter liegenden Astwerks verfüllt werden. Bei grossen zu erwartenden Schlepptensionen ist der Anteil an grobem Material (Geröll, Blöcke) zu erhöhen. Diese Schichtenabfolge wird so lange wiederholt, bis die volle Böschungshöhe erreicht ist.

Wesentliche Vorteile der BMU gegenüber anderen ingenieurb biologischen Bauweisen sind die sofortige Wirksamkeit und die Effizienz beim Einbau (maschinell). Ausserdem bilden die in das Gerinne ragenden Äste wertvolle Fischunterstände und der Totholzanteil wird erhöht.

Begrünter Blocksatz / Blocksatz mit BMU (Ufertyp 2)

Die BMU kann auch in Kombination mit einem Blocksatz, entweder im Anschluss (Ufertyp 2a) oder vorgelagert an den Blocksatz (vorgelagerte Begrünung, Ufertyp 2b) eingesetzt werden. Der ökologisch nachteilige Blocksatz wird auf diese Weise, insbesondere mit der vorgelagerten Bauweise deutlich aufgewertet, ebenso das Landschaftsbild.

Bei einer vorgelagerten Bauweise ist auf eine enge Verzahnung von BMU und Blocksatz zu achten. Sie wird durch ausschlagfähige Weidenäste erreicht, welche die BMU und den dahinterliegenden Blocksatz vollständig durchdringen und bis in den anstehenden Boden reichen. Blocksatz und BMU sind daher in einem Arbeitsgang zu erstellen.

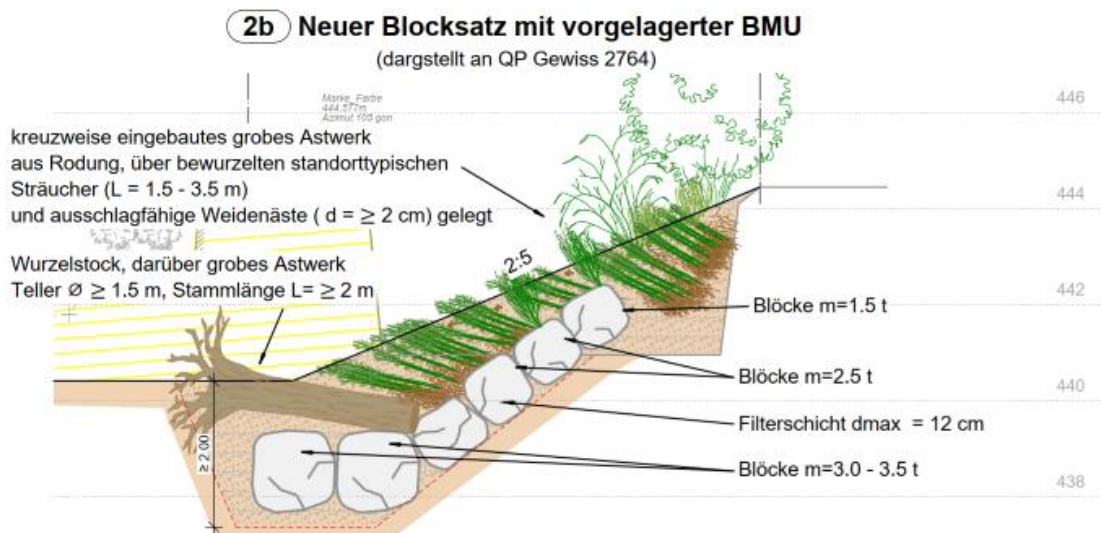


Abbildung 39: Normalie Blocksatz mit vorgelagerter Begrünung / BMU

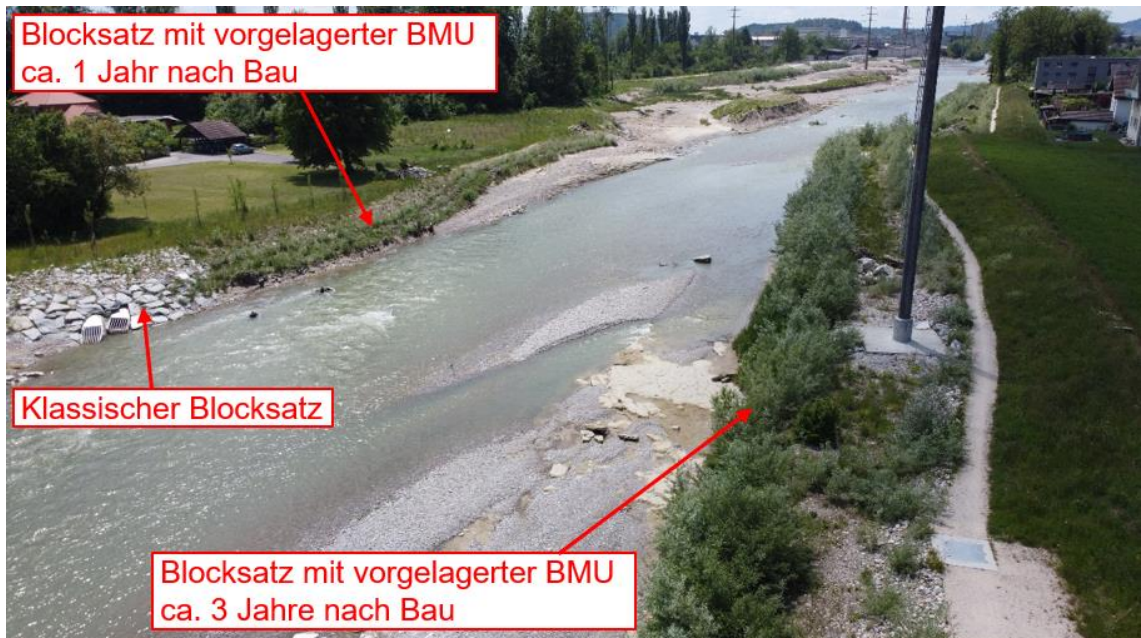


Abbildung 40: Blocksatz und Blocksatz mit vorgelagerter BMU nach ein bis drei Jahre nach Erstellung, Foto: Projekt HWS Emme Solothurn, PG Bau



Abbildung 41: Blocksatz mit vorgelagerter BMU direkt nach dem Einbau, Foto: Projekt HWS Emme Solothurn, PG Bau

Die Auswahl der Ufertypen erfolgt in Abhängigkeit vom Schadenspotenzial, bzw. den vorherrschenden Schubspannungen und Belastungen im Hochwasserfall. In Abschnitten mit geringem Schadenspotenzial oder geringeren Belastungen werden die Ufer nur mittels Begrünung gesichert (Ufertyp 3). Bei grossem Schadenspotenzial (z. B. bei gefährdeten Infrastruktureinrichtungen, Siedlungsgebiet, etc.) wird ein Ufertyp mit Blocksatz (Ufertypen 1 oder 2) vorgesehen.

Im Rahmen des Vorprojekts wurden die Belastungen auf die Ufer (Schubspannungen, etc.) noch nicht abschliessend analysiert. Die im Vorprojekt vorgeschlagenen Ufertypen sind als erste Einschätzung zu verstehen. Die abschliessende Beurteilung der Uferbelastungen und die definitive, abschnittsweise Festlegung der Ufertypen hat im Bauprojekt noch zu erfolgen.

5.4.2 Aquatische Strukturelemente

Nebst der Verbreiterung der Sohle, der Wiederherstellung der Fischgängigkeit bei der Fassung Langensteg (Rückbau Spundwandschwelle) und der ingenieurbioologischen Gestaltung langer Uferabschnitte soll ein guter ökologischer Zustand mit zusätzlichen Strukturierungsmassnahmen im Gerinne erfolgen. Namentlich sollen im gesamten Projektperimeter in Rücksprache mit der Abteilung Fischerei des Amtes für Gewässer, Einbauten aus Totholz in der Gewässersohle erfolgen. Diese aquatischen Strukturelemente tragen zur Bildung von tiefen Kolken und einer erhöhten Strömungsvielfalt bei. Mögliche Strukturelemente sind:

- eingegrabene Wurzelstämme und/ oder Bäume
- Totholzinseln (linear oder flächig)
- Pfahlbuhnen
- Baumbuhnen
- Kleine, mittlere oder grosse Lebendabweiser

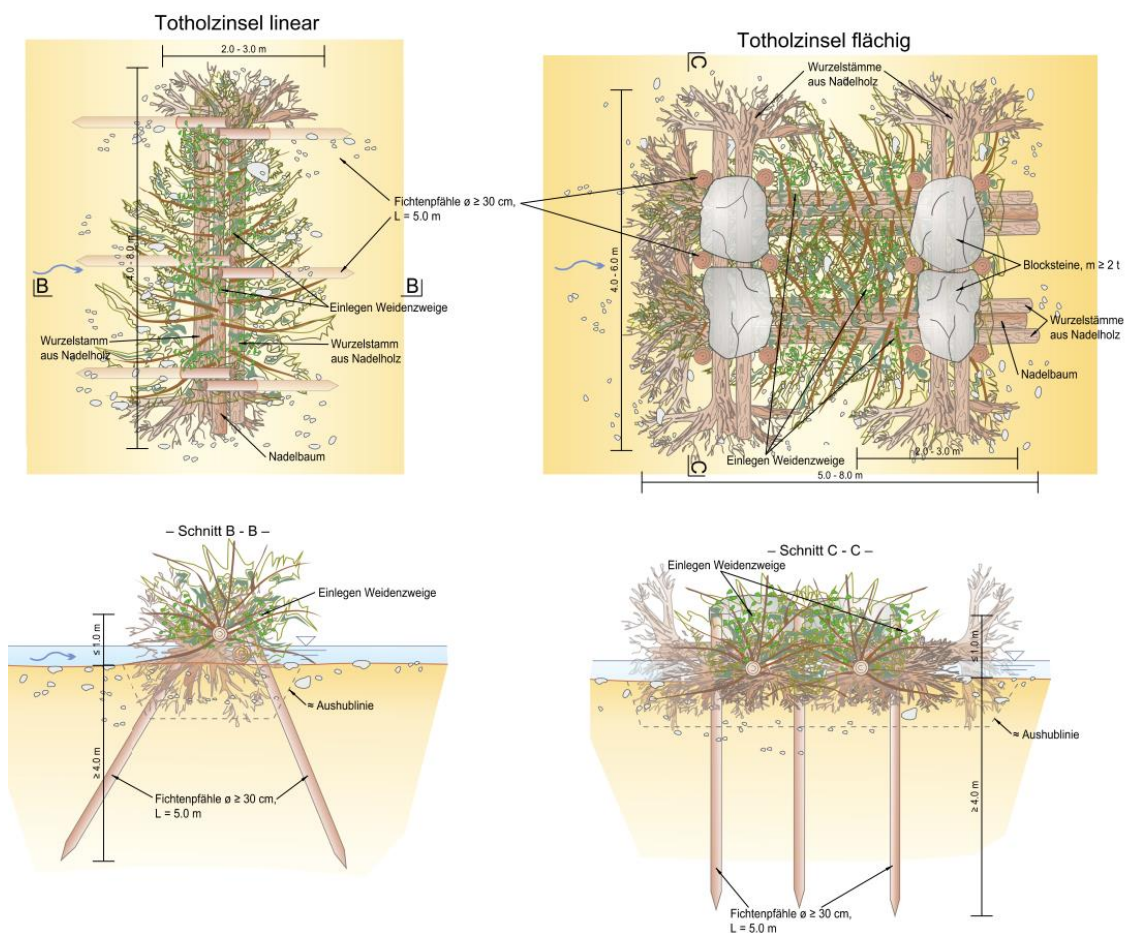


Abbildung 42: Normalien Totholzinseln, Quelle: Projekt HWS Emme Solothurn, IUB Engineering AG



Abbildung 43: Beispielbild von eingebauten Totholzinseln an der Emme in Solothurn, Quelle: Projekt HWS Emme Solothurn, PG Bau

Die in den Vorprojektplänen enthaltenen Strukturelemente sind ein erster Vorschlag für die Art und Lage der aquatischen Strukturelemente. Eine abschliessende Festlegung mit der Abteilung Fischerei des Amtes für Gewässer hat im Rahmen des Vorprojekts noch nicht stattgefunden. Ebenso wenig sind die Strukturen in die bisherige hydraulische Modellierung eingeflossen. Dies ist im Rahmen des Bauprojekts zu machen.

5.4.3 Bauliche Massnahmen Muota

Abschnitt Seewerenmündung

Im obersten Abschnitt des Projektperimeters wird die Spundwandschwelle unterhalb der Brücke Langensteg (Gewiss Adr. 2896 – 2937) abgebrochen. Im Bereich der heutigen Schwelle wird sich eine neue Sohlenlage einstellen. Die Auswirkungen werden flussaufwärts bis ca. Gewiss Adr. 3143 reichen. Es sind keine neuen Massnahmen zur Sohlenstabilisierung geplant. Punktuell sind allenfalls Massnahmen am linken Ufer notwendig. Dies ist in einer späteren Projektphase detaillierter zu klären.

Abschnitt Langensteg bis Steg Husmatt

Im Abschnitt zwischen der Brücke Langensteg und dem Steg Husmatt wird der Oberwasserkanal des Kraftwerks Brunnen rückgebaut. Gleichzeitig wird auch die heutige Insel zwischen dem Oberwasserkanal und der Muota baulich zurückgebaut. Dadurch entsteht eine Aufweitung der Muota auf die rechte Seite. Das heutige rechte Ufer des Kanals entspricht in etwa der neuen Uferoberkante der Muota. Die wasserseitige Böschung wird mit unterschiedlicher Neigung zwischen steil ($n = 2:3$) bis flach ausgestaltet ($n = 1:3$). Gesichert wird die Böschung mit einer biogenen maschinellen Ufersicherung (BMU), wo nötig wird diese mit einem Blocksatz ergänzt. Die obere Hälfte der Böschung (ca. 2 m über der Flusssohle) wird mit einheimischen Gehölzen bestockt. Das heutige rechte Ufer des Oberwasserkanals bildet bereits heute einen Hochwasserschutzdamm.

Dieser bleibt in seiner Höhe bestehen. Die Dammkrone wird leicht verbreitert und die luftseitige Böschung neu geschüttet.

Abschnitt Steg Husmatt bis Mündung Unterwasserkanal

Das Kraftwerksgebäude des Kraftwerks Brunnen wird rückgebaut. Ebenso die oberen ca. 270 m des Unterwasserkanals. Die Flächen werden aufgefüllt und rekultiviert. Zukünftig werden diese Flächen landwirtschaftlich bewirtschaftet. Das Wiesengräßli, welches heute kurz unterhalb des Kraftwerksgebäude in den Unterwasserkanal mündet, wird ausgedolt und in die Muota umgeleitet. Der Durchstich durch den Hochwasserschutzdamm erfolgt mittels eines Durchlasses, welcher mit einer Rückstauklappe versehen wird. Das kleine Gewässer ist kein Fischgewässer. Die Mündung in die Muota wird deshalb nicht fischgängig gestaltet.

Der Hochwasserschutzdamm unterhalb des Kraftwerks wird zugunsten einer Sohlenverbreiterung und einer flacheren Böschung ($n = 1:2$) leicht verschoben. Gesichert wird die Böschung mit einer biogenen maschinellen Ufersicherung (BMU), wo nötig wird diese mit einem Blocksatz ergänzt.

Im Bereich des Fussgängerstegs Husmatt wird eine Zone für Naherholung gestaltet. Zwischen dem Hochwasserschutzdamm und der Muota soll ein naturnaher Naherholungsbereich ohne «harte» Infrastrukturanlagen und schattenspenden Bäumen erstellt werden. Dabei soll mithilfe von Lenkungsmaßnahmen eine Trennung des Naturraums, des Landwirtschaftsraums und des Naherholungsraums sichergestellt werden. Die Planung der Gestaltung des Naherholungsbereichs hat in der nächsten Projektphase (SIA 32, Bauprojekt) zu erfolgen. Die im Vorprojekt abgebildete Darstellung stellt lediglich eine erste Idee dar. Bei der detaillierten Planung sind folgende weitere Grundsätze zu beachten:

- Die Bewirtschaftung der Naherholungsfläche, insbesondere das Abfallmanagement, muss schriftlich geklärt und geregelt werden.
- Es ist in der Nähe möglichst ein WC-Angebot, ausserhalb des Gewässerraums zu erstellen. Denkbar ist z.B. ein Angebot auf dem Areal von Nova Brunnen oder durch den Bau einer Anlage ausserhalb des Gewässerraums.

Abschnitt Mündung Unterwasserkanal

Die untersten ca. 160 m des Unterwasserkanals werden als Altarm erhalten. Rund um die Halbinsel zwischen dem Altarm und der Muota werden die Ufersicherungen (Blocksatz) entfernt. Bei der Muota betrifft dies das rechte Ufer ab der Gewässr. Adr. 1685 flussabwärts. Auf den obersten 50 m der Halbinsel wird das Terrain so weit abgesenkt, dass die Fläche alle 1 – 2 Jahre überflutet wird. Somit wird der Altarm periodisch von oben geflutet. Auf der abgesenkten Fläche soll ein Auenwald entstehen. Die heute als Wald eingetragene Fläche auf der Halbinsel bleibt bewaldet und wird nicht abgesenkt. Es werden lediglich standortfremde Bäume entfernt. Am rechten Ufer des Altarms wird entweder die Ufermauer belassen oder im Sanierungsbedarf ein naturnahes, abgeflachtes Ufer realisiert.

Linkes Ufer

Das linke Ufer der Muota wird grösstenteils in seinem Bestand erhalten. Wo nötig wird der Uferschutz punktuell ertüchtigt. Ab der Gewiss Adr. 2375 flussabwärts wird das linke Ufer auf einer Länge von ca. 160 m vorgeschüttet. Dadurch entsteht ein flacheres Ufer mit einer Neigung von $n = 1:3$.

Einbau von aquatischen Strukturelementen

Es ist vorgesehen im gesamten Projektperimeter aquatische Strukturelemente aus Totholz in das Gerinne einzubauen.

Die Anzahl, Art sowie die genauen Standorte der einzubauenden Elemente wurden im Rahmen des Vorprojekts noch nicht abschliessend definiert. Die auf den Plänen dargestellten Strukturelemente zeigen eine erste Idee. In der weiteren Projektierung erfolgt eine genaue Planung der Strukturelemente in Absprache mit der Abteilung Fischerei des Amts für Gewässer.

Neue Wegführung

Auf der rechten Seite der Muota wird ein neuer Fuss- und Veloweg realisiert. Für die Wegführung gibt es in der aktuellen Projektphase noch zwei Varianten.

Variante 5a:

Von der Gewiss Adr. 1691 bis zum Fussgängersteg Husmatt führt der neue Fussweg entlang dem rechten Ufer und ist somit vollständig innerhalb des Gewässerraums. Ab der Gewiss Adr. 2570 wird der Weg auf dem Hochwasserschutzdamm geführt. Der Mergelweg ist in der Regel 3 m breit, mindestens jedoch 2.6 m.

Variante 5b:

Der Weg wird erst nach dem Gebäude Nr. 315 entlang der Muota geführt. Auf der Parzelle 385 liegt der Weg ausserhalb des Gewässerraums am Fuss des Hochwasserschutzdamms. Ab der Parzelle Nr. 431 bis zum Fussgängersteg Husmatt ist die Linienführung identisch mit der Variante 5a und damit auf dem Damm und innerhalb des Gewässerraums. Die Materialisierung und die Breite ist ebenfalls gleich wie bei der Variante 5a.

5.4.4 Bauliche Massnahmen Seeweren

Vor der Mündung in die Muota wird der Verlauf der Seeweren ggü. dem heutigen Verlauf nach links (von der Strasse weg) verschoben. Einerseits wird neu ein Abstand von 8 m zwischen dem äusseren Strassenrand und der Böschungsoberkante eingehalten (Drittprojekt Neubau Brücke Langensteg und Seewerenstrasse), andererseits wird die Uferböschung flacher gestaltet (Neigung $n = 1:2 - 1:3$). Bis zur Mündung wird das Gerinne von ca. 7 m Breite auf eine neue Sohlenbreite von rund 10 m verbreitert (natürliche Sohlenbreite). Die Mündung selbst wird stark aufgeweitet, sodass der bereits ausgeschiedene Gewässerraum auf der linken Seite vollständig ausgenutzt wird. Die Neigung der linken Uferböschung beträgt vor der Mündung ca. $n = 1:3$. Im Mündungsbereich beträgt die Neigung des obersten Böschungsabschnitts $n = 2:3$ (bis ca. Wasserspiegel HQ₂). Darunter soll sich auf einem sehr flachen Ufer eine Weichholzaue bilden können. Wo

nötig wir das Ufer mit einem Blocksatz gesichert (Kurvenaussenseite, vor der Brücke), ansonsten werden die Ufer mit standortgerechten Pflanzen bestockt.



Abbildung 44: Beispielbild aufgeweitete Mündung Palanggenbach bei Seedorf/ Attinghausen bei der Einmündung in die Reuss, Foto: K+Z AG

5.5 Raumplanerische Massnahmen

5.5.1 Raumbedarf nach Roulier

Im Rahmen des Vorprojekts wurde eine Herleitung bzw. Ermittlung des Raumbedarfs sowie des Erfüllungsgrades nach Roulier [33] vorgenommen. Für die Beschreibung und Herleitung des Raumbedarfs nach Roulier wird auf den Kurzbericht Gewässerraum verwiesen (Dossier Beilage 1.03).

Mit den geplanten Massnahmen dieses Projekts wird über den gesamten Perimeter ein durchschnittlicher Erfüllungsgrad nach Roulier von rund 36% erreicht. Gegenüber dem Ausgangszustand entspricht dies einer Erhöhung von gut 10%. Besonders im Bereich der Seewerenmündung (Abschnitt 1) und der Mündung des Unterwasserkanals (Abschnitt 7) wird eine Verbesserung erreicht. Durch die grossen Aufweitungen in den beiden Abschnitten erhöht sich der Erfüllungsgrad ggü. dem IST-Zustand um jeweils ca. 20%.

5.5.2 Festlegung des Gewässerraums

Auf der linken Seite der Muota und auf dem Gebiet der Gemeinde Schwyz ist der Gewässerraum bereits grundeigentümer- resp. behördenverbindlich ausgeschieden. Im Rahmen des Projekts erfolgen an dieser Festlegung keine Anpassungen.

Auf der rechten Seite der Muota und der Seeweren wurde bisher grösstenteils noch kein Gewässerraum ausgeschieden. Im Rahmen des Projekts wird die Breite des Gewässerraums grundsätzlich auf 15 m ab dem projektierten, wasserseitigen Böschungsfuss definiert. Der Vorschlag dieser GWR Breite ist das Resultat einer Diskussion und Interessenabwägung innerhalb der Projektgruppe⁴ [43].

⁴ Zusammensetzung Projektgruppe: ebs Energie AG, Bezirk Schwyz, Gemeinde Ingenbohl, WWF, AquaViva, Amt für Gewässer Abteilungen Wasserbau und Fischerei, Planergemeinschaft INGE Mehrwert Muota

Die genaue Herleitung und die Abweichungen zu der oben genannten Festlegungsart der Gewässerraumbreite ist dem Kurzbericht Gewässerraum zu entnehmen (Dossier Beilage 1.03).

5.5.3 Raumplanerische Sicherung des Überlastkorridors

Auf der rechten Uferseite der Muota verläuft heute wie auch zukünftig der Überlastkorridor. Im aktuellen, kommunalen Zonenplan [44] sind die Gefahrenzonen gelb, blau und rot eingezeichnet. Es wird empfohlen den Überlastkorridor anhand der hydraulischen Modellierung des Projekts raumplanerisch zu sichern und somit rechtsgültig sowie behörden- und grundeigentümerverschreibend festzusetzen. Damit soll sichergestellt werden, dass der Überlastkorridor zu einem geschützten raumplanerischen Raum deklariert wird, der als solches zu respektieren ist.

5.6 Materialbewirtschaftungskonzept

Die Optimierung der Massenflüsse sowie die sinnvolle, externe Verwertung von überschüssigem Abbruch-, Boden- und Aushubmaterial ist im vorliegenden Projekt für die Bau- und Subventionskosten, die Umweltverträglichkeit (u.a. Transporte) und die Baugistik von grosser Bedeutung. Mit dem Vorausmass des Vorprojekts wird nach Abzug der Verwertungen innerhalb des Projektperimeters mit den in Tabelle 8 festgehaltenen Mengen und Kubaturen (Grössenordnungen) gerechnet.

Tabelle 8: Kubaturen an Überschuss- (externer Verwertung zuführen) und Bedarfsmaterialien (zuführen)

Material	Kategorie	Menge	Verwertung
Bodenmaterial (OB & UB)	Überschuss	11'000 m ³ fest	Bodenverbesserung
Aushub	Überschuss	52'000 m ³ fest	Hinterfüllungen, Depo- nie Typ A
Betonabbruch	Überschuss	10'000 m ³ fest	Recycling
Kies (Filterschicht & Sohlensubstrat)	Bedarf	13'000 m ³ fest	
Blockbedarf	Bedarf	19'000 to	

Im Rahmen des hier vorliegenden Vorprojekts wurden noch keine externen Verwertungsmöglichkeiten evaluiert und geplant. Diese Planung hat in der weiteren Projektierung zu erfolgen. Folgende Grundsätze werden für die weitergehende Optimierung der Materialflüsse festgehalten:

- unbelastetes Aushubmaterial und unbelasteter Boden soll so weit wie möglich im Projektperimeter wiederverwendet werden
- der überschüssige Boden ist für eine externe Bodenverbesserung, möglichst nahe am Projektperimeter (kurze Transportwege) zu nutzen
- mittels geologischen Untersuchungen ist die Zusammensetzung des Aushubmaterials zu bestimmen und die Möglichkeit einer Vor-Ort-Aufbereitung des Aushubmaterials zu prüfen

5.7 Landerwerb

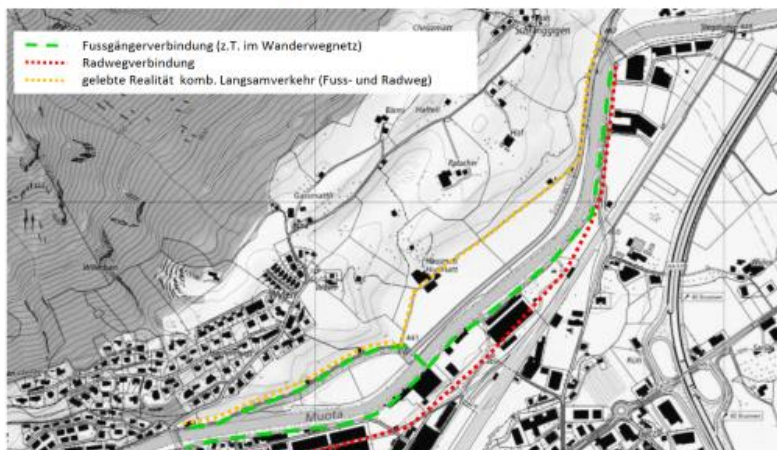
Der Bezirk Schwyz erwirbt alle Flächen welche neu durch die Muota und die Seeweren direkt beansprucht werden. Dies betrifft im Mündungsbereich der Seeweren einen Teil der Parzelle 1776, zwischen dem Oberwasserkanal und der Muota die Parzellen 388 und 432 sowie im Mündungsbereich des Unterwasserkanals Teile der Parzelle 429. Im Gegenzug tritt der Bezirk Schwyz Teile des Unterwasserkanals ab (Parzelle 428). Der Landerwerb ist im Landerwerbsplan detailliert ersichtlich (Dossier Planbeilage 2.09).

5.8 Naherholung und Besucherlenkung

5.8.1 Variantenstudium Naherholung

Im Rahmen von zwei Sitzungen hat die Fachgruppe Langsamverkehr verschiedene Varianten für die Zielerreichung des Sollzustands im Bereich Naherholung, namentlich der zukünftigen Wegführung diskutiert. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die diskutierten Varianten sowie ihre diskutierten Vor- und Nachteile.

Variante V1: Status Quo



Vorteil:

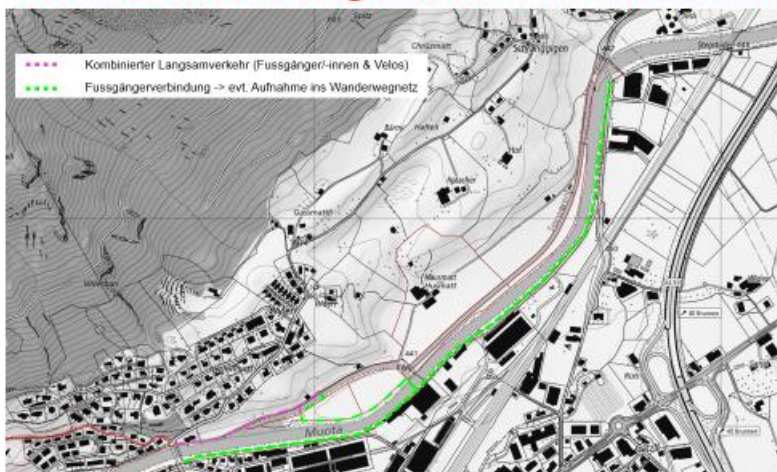
- Optimale Entflechtung Naherholung und Natur
- Minimale Verfahrensrisiken und Kosten
- Keine neue Wege entlang Muota (Gewässerraum)
- Kein Landbedarf

Nachteile:

- Keine Entflechtung Naherholung und Landwirtschaft («gelebte Realität»)
- Kein Mehrwert für Langsamverkehr

Abbildung 45: Variante 1, Status Quo

Variante 2: Ausbau Langsamverkehr im Teilabschnitt Altarm



Vorteil:

- Sehr gute Entflechtung Naherholung und Natur im oberen Projektabschnitt
- Erfüllung Vorgaben kantonaler Nutzungsplan Brunnen Nord (Steg Husmatt)

Nachteil:

- Keine Entflechtung von Naherholung und Natur im Bereich des Altarms (Natur Hotspot)
- Verfahrensrisiken (Gewässerraum, Ziele Revitalisierung)
- Keine Entflechtung Langsamverkehr und Landwirtschaft (in Realität)
- Keine Erlebbarkeit Gewässer (am Ufer) beidseits im ganzen Projektperimeter
- Kein Mehrwert für Velofahrer/-innen

Abbildung 46: Variante 2, Ausbau Langsamverkehr im Bereich Altarm

Variante V3+: Status Quo und Integration Langsamverkehr am rechten Ufer



Vorteil:

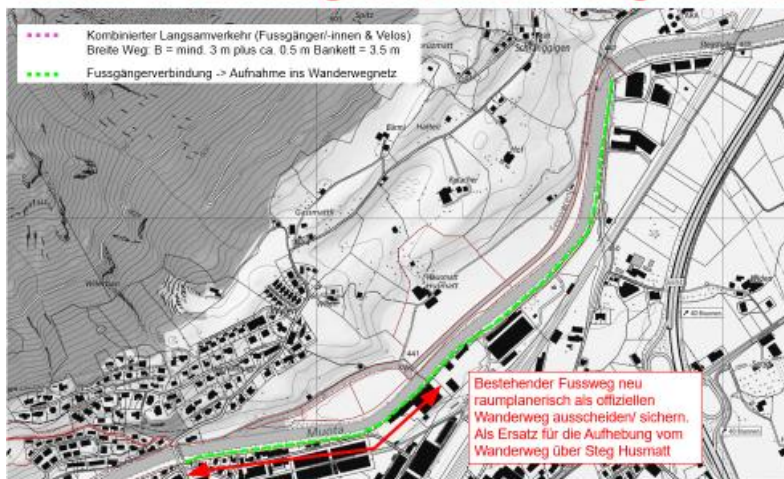
- Gute Entflechtung Naherholung und Natur
- Mehrwert für Langsamverkehr
- Entflechtung Naherholung und Landwirtschaft
- Minimale neue Wege entlang Muota (Gewässerraum)
- Minimaler Landbedarf (Kompensation durch Rückbau)
- Integration in bestehendes Wegnetz

Nachteile:

- Verfahrensrisiken (Einigung mit Grundeigentümer)
- (Unterhalts-)Kosten

Abbildung 47: Variante 3+, Status Quo mit einer Integration des Langsamverkehrs am rechten Ufer

Variante 4: Vollständige Konzentration Langsamverkehr am linken Ufer



Vorteil:

- Sehr gute Entflechtung Naherholung und Natur
- Entflechtung Naherholung und Landwirtschaft auf dem Papier
- Keine neuen Wege entlang der Muota und kein Ersatzneubau Steg Husmatt (tiefe Investitions- und Unterhaltskosten)

Nachteil:

- Wohl keine Entflechtung von Naherholung und Landwirtschaft in Realität
- Keine Erlebbarkeit Gewässer (am Ufer) beidseits im ganzen Projektperimeter
- Kein Mehrwert für Velofahrer/-innen ggü. heute
- Keine wirkliche Besucherlenkung, Erhöhte Gefahr für unkontrollierte Nutzung.
- Vorgabe zum Steg Husmatt aus dem kant. Nutzungsplan Brunnen Nord wird nicht erfüllt. Anpassungsverfahren Nutzungsplan nötig, Bewilligungsfähigkeit fraglich

Abbildung 48: Variante 4, vollständige Konzentration vom Langsamverkehr am linken Ufer

Variante 5: Status Quo und Ausbau Langsamverkehr am rechten Ufer



Vorteil:

- Entflechtung Naherholung und Landwirtschaft
- Grosser Mehrwert für Langsamverkehr

Nachteile:

- Entflechtung Naherholung und Natur
- Verfahrensrisiken (Gewässerraum, Ziele Revitalisierungsprojekt)
- Geringe Integration in bestehendes Wegnetz (Doppelspurigkeiten)
- Landbedarf
- (Unterhalts-)Kosten

Abbildung 49: Variante 5, Status Quo mit einem Ausbau des Langsamverkehrs am rechten Ufer

Variante 5+: Status Quo und max. Ausbau Langsamverkehr am rechten Ufer



Abbildung 50: Variante 5+, Status Quo mit maximalem Ausbau Langsamverkehr am rechten Ufer

Vorteil:

- Max. Entflechtung Naherholung und Landwirtschaft
- Maximaler Mehrwert für Langsamverkehr

Nachteile:

- Minimale Entflechtung Naherholung und Natur
- Verfahrensrisiken (Gewässerraum, Ziele Revitalisierungsprojekt)
- Minimale Integration in bestehendes Wegnetz (Doppelspurigkeiten)
- Max. Landbedarf
- Max. (Unterhalts-)Kosten

5.8.2 Bestvariante Naherholung

Mit folgenden Überlegungen hat sich die Fachgruppe Langsamverkehr für Variante 5 als Bestvariante ausgesprochen:

- Im Rahmen eines Revitalisierungsprojekt ist auch die Naherholung zu berücksichtigen. Mit Variante 5 können die formulierten Ziele für die Naherholung vollumfänglich erreicht werden.
- Es soll, wenn immer möglich eine einvernehmliche Lösung mit allen Parteien (Grundeigentümer, Interessenverbände, Fachstellen, usw.) gefunden werden, um die Verfahrensrisiken zu minimieren. Bei Variante 5 bestehen reelle Chancen, dass sie von den Beteiligten und Direktbetroffenen akzeptiert werden kann.
- Variante 5 wird als geeignete Massnahme betrachtet um unkontrollierte Nutzungen und somit vermehrte Konflikte zwischen Naherholung, Natur und Landwirtschaft zu minimieren. Dank der sehr attraktiven Wegführung kann von einer klaren Lenkung und wenig unkontrollierten Nutzungen ausgegangen werden.
- Innerhalb des Gewässerraums dürfen nur standortgebundene, im öffentlichen Interesse liegende Anlagen erstellt werden. Ein neuer, projektierte Weg innerhalb des Gewässerraums kann nur unter Vorbehalt und aufgrund einer Interessenabwägung bewilligt werden. Interessen für einen Weg innerhalb des Gewässerraums sind u.a. der Schutz von landwirtschaftlicher Nutzfläche (Fruchtfolgeflechte), Erlebbarkeit der Natur, sowie die Aufwertung der Naherholung.

Mit der vorliegenden Planung des Vorprojekts werden aktuell noch zwei Untervarianten 5a und 5b weiterverfolgt. Diese beiden Untervarianten sind auf den Situationsplänen (Beilage 2.01, 2.02) dargestellt. Ob und wenn ja welche der beiden Varianten realisiert werden kann, hängt massgeblich von den Grundeigentümergegesprächen und Landverhandlungen, aber auch von den Rückmeldungen der Behörden (Amt für Gewässer und BAFU) ab. Die definitive Wegführung / Untervariante ist in der weiteren Projektierung festzulegen.

6 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN

6.1 Auswirkungen auf die Umwelt

Mit Projektkosten (vgl. Kapitel 7) von mehr als CHF 10 Mio wird der Schwellenwert für die Umweltverträglichkeitsprüfungspflicht gemäss dem Anhang der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) überschritten. Somit ist das Revitalisierungsprojekt UVP pflichtig. Im Rahmen der UVP werden die Auswirkungen auf die Umwelt ausführlich untersucht.

Bestandteil des hier vorliegenden Vorprojektdossiers ist ein Kurzbericht Umwelt. In diesem Kurzbericht werden die relevanten Umweltbereiche, für welche kritische Auswirkungen des Projekts zu erwarten sind, identifiziert (Relevanzmatrix) und ein Pflichtenheft für die UVP-Hauptuntersuchung vorgelegt. Jedoch enthält der Kurzbericht noch keine qualitativen und quantitativen Beurteilungen der Umweltauswirkungen. Diese folgen im Rahmen der UVP-Hauptuntersuchung.

In der UVP-Hauptuntersuchung werden die Auswirkungen auf die Umwelt in der Bau- und Betriebsphase (Projektzustand) im Detail für sämtliche Umweltaspekte untersucht und Massnahmen zur Minimierung der negativen Auswirkungen und zur Einhaltung der Umweltgesetzgebung aufgezeigt. Die UVP-Hauptuntersuchung wird in SIA Phase 32 erarbeitet und ist in SIA-Phase 33 Genehmigungsinhalt des Auflagedossiers.

6.2 Hochwasserschutz und Überlastfall

Mit Blick auf die berechneten Wasserspiegellagen kann festgehalten werden, dass die Schutzzielvorgaben gemäss der Nutzungsvereinbarung (Beilage Nr.1.01) bzw. die Angaben in Kapitel 4.2 erfüllt sind.

Am linken Ufer kann das Schutzziel HQ₃₀₀ + Freibord eingehalten werden.

Am rechten Ufer ergibt sich mit dem Projekt, trotz aufgelandeter Sohlenlage keine Verschlechterung des Schutzniveaus. Die heutigen Dammhöhen am rechten Ufer bleiben bestehen.

Im Überlastfall kommt es wie bisher zu einer Ausuferung auf der rechten Uferseite ins Landwirtschaftsland.

7 KOSTEN

7.1 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung für die Erstellungskosten beträgt CHF 15.6 Mio. inkl. MwSt.. Tabelle 9 gibt Auskunft über die Zusammensetzung der Kosten. Die Kostenschätzung der Baumeisterarbeiten beruht auf Einheitspreisen realisierter und vergleichbarer Objekte (Preisbasis: 2. Quartal 2023). Die Genauigkeit der Kostenschätzung beträgt +/-30 %.

Nicht eingerechnet sind die Kosten für den Neubau der Brücke Langensteg (Drittprojekt).

Tabelle 9: Kostenschätzung +/- 30% gegliedert nach NPK

	Muota	Seeweren
Baukosten	10'460'500.00	699'250.00
NPK 111 - Regiearbeiten (über alle Baukosten)	909'000.00	60'000.00
NPK 112 - Prüfungen	10'500.00	5'250.00
NPK 113 - Baustelleneinrichtungen	454'000.00	30'000.00
NPK 116 - Abholzen und Roden	62'000.00	2'000.00
NPK 117 - Abbrüche	2'499'000.00	6'000.00
NPK 141 - Bauarbeiten für Werkleitungen	28'000.00	0.00
NPK 161 - Wasserhaltung	16'000.00	5'000.00
NPK 211 - Baugruben und Erdbau	2'504'000.00	348'000.00
NPK 213 - Wasserbau	3'629'000.00	243'000.00
NPK 228 - Strassenbau	34'000.00	0.00
NPK 321 - Montagebau in Stahl	315'000.00	0.00
Honorarkosten	1'569'000.00	105'000.00
SIA-Phasen 41-53 Total, Annahme: 15% der Baukosten	1'569'000.00	105'000.00
Total Bau- und Honorarkosten netto	12'029'500.00	804'250.00
Gebühren, Bewilligungskosten, Verschiedenes	60'000.00	4'000.00
Gebühren, Abfischen, etc.: Annahme 0.5% der Bau- und Honorarkosten	60'000.00	4'000.00
Risikokosten und Reserven	1'203'000.00	80'000.00
Risikokosten total: Annahme 10% der Bau- und Honorarkostenkosten	1'203'000.00	80'000.00
Landerwerb, Inkonvenienzen, Nachführung AV	228'600.00	10'000.00
Landerwerb	183'600.00	0.00
Inkonvenienzen (grobe Schätzung)	20'000.00	5'000.00
Geometer (grobe Schätzung)	25'000.00	5'000.00
Mehrwertsteuer, 8.1% (ab 01.01.2024)	1'095'209.10	72'758.25
Total veranschlagte Kosten inkl. MWSt.	14'616'309.10	971'008.25
Total veranschlagte Kosten inkl. MWSt. gerundet, Mio. CHF	14.62	0.97
Total veranschlagte Kosten inkl. MWSt. gerundet		15.59
Total +30%	Mio. sfr.	20.26
Total -30%	Mio. sfr.	10.91

Die Kosten wurden u.a. mit folgenden Pauschalen gerechnet: für Baustelleneinrichtungen 5% und für Regiearbeiten 10% der Nettobaukosten. Weiter wurden 15% der

Nettobaukosten für die Projektierung und Bauleitung eingesetzt. Die Risikokosten (Unvorhergesehenes und Reserve) wurden mit 10% der Nettobau- und Honorarkosten beziffert.

Die effektiven Kosten sind jeweils stark von den Marktbedingungen für Bauleistungen zum Zeitpunkt der Arbeitsvergabe abhängig.

7.2 Finanzierung und Kostenteiler

Das Projekt Revitalisierung Muota im Abschnitt KW Brunnen wird grundsätzlich von der Bauherrngemeinschaft, d.h. dem Bezirk Schwyz sowie der ebs Energie AG getragen und finanziert.

Revitalisierungsprojekte werden durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und den Kanton massgeblich subventioniert. Das Revitalisierungsprojekt Muota im Abschnitt KW Brunnen fällt gemäss den Kriterien der Programmvereinbarung im Umweltbereich [45] in die Kategorie der Einzelprojekte. Einzelprojekte können mit einem Finanzierungssatz zwischen 35% und 80% der anrechenbaren Kosten seitens BAFU rechnen. Die effektive Höhe des Satzes richtet sich nach der Wirksamkeit der Massnahmen und des Projekts. Im Rahmen der weiteren Projektierung (SIA Phase 32) sind die anrechenbaren und nicht anrechenbaren Kosten transparent auszuweisen und der zu erwartende Subventionierungssatz mit dem BAFU vorzubesprechen.

Ob Kosten als anrechenbar und nicht anrechenbar gelten, regelt Anhang 5 der gültigen Programmvereinbarung im Umweltbereich [45]. Beispielweise nicht anrechenbar sind Deponiegebühren.

Ebenso sind in der weiteren Projektierung der genaue Kostenteiler der Restkosten zwischen dem Bezirk Schwyz und der ebs Energie AG sowie allfällige Kostenbeteiligungen durch weitere Dritte (z.B. Werkeigentümer, Gemeinden, etc.) für bestimmte Projektmassnahmen oder Drittforderungen auszuhandeln und zu definieren.

8 BAUVORGANG

8.1 Bauzeit und Ausführungszeitpunkt

Aus Erfahrungswerten aus anderen Projekten wird mit einer Bauzeit von ungefähr 24 Monaten gerechnet. Die effektive Bauzeit ist stark abhängig von der Witterung, bzw. von den Abflüssen, aber auch von den bereitgestellten Ressourcen des Bauunternehmers.

Bei der Bauausführung ist die saisonal schwankende Wasserführung der Muota zu berücksichtigen. Der Ausführungszeitpunkt von Arbeiten im Hauptgerinne ist aus bautechnischer Sicht so zu wählen, dass sie möglichst bei Niedrigwasser durchgeführt werden können. Hierfür ist das Winterhalbjahr (ca. Oktober – März) prädestiniert. Dies steht jedoch im Konflikt zu den Laichzeiten gewisser Fischarten. Diese Thematik (Zielkonflikt) gilt es in der weiteren Projektierung mit den zuständigen Behörden zu thematisieren.

Im Weiteren kann auch der Schwall-Sunk-Betrieb oberliegender Kraftwerke einen erheblichen Einfluss auf die Bauausführung haben.

8.2 Bauablauf und Baulose

Für die weitere Planung und Ausführung des Bauvorgangs macht es Sinn den Projektperimeter in Baulose einzuteilen. Im Rahmen des Vorprojekts wurden noch keine Baulose definiert. Diese Einteilung hat im Rahmen der weiteren Projektierung in SIA-Phase 32 zu erfolgen.

8.3 Erschliessung der Baustelle

Die Erschliessung der Baustelle mit Baupisten, Installations- und Zwischenlagerplätzen wurde im Rahmen der Phase Vorprojekt noch nicht geplant. Diese Baustellenlogistik ist in der weiteren Projektierung (SIA-Phase 32) im Detail zu planen. Dabei soll dem Grundsatz einer möglichst optimalen Nutzung bestehender Infrastrukturen nachgelebt werden. Konkret sind folgende Grundsätze zu verfolgen und Ideen zu prüfen:

- Minimierung bzw. Verhinderung von temporären Rodungsflächen und von temporären Beanspruchungen von Furchtfolgefächern für Installationen, Zwischenlagerplätze und Erschliessung
- Nutzung bestehende Wege als Baupisten
- Nutzung bestehender, befestigter Plätze als Installations- und Zwischendeponieplätze
- Nutzung des Gleisanschlusses auf dem Areal Nova Brunnen für Materiallieferungen und -abtransporte (prüfen)

8.4 Wasserhaltung

Für die Wasserhaltung bei der baulichen Umsetzung der Massnahmen entlang der Ufer und im Gerinne werden voraussichtlich kleine Umleitungsdämme (h ~ 1 m) aus anstehendem Sohlenmaterial geschüttet und grosse Leerrohre eingesetzt. Nur wenn nötig, d.h. stellenweise, soll es zu einer Wasserhaltung mit Pumpen kommen.

9 WIRKUNGSKONTROLLE

9.1 Pflicht zur Wirkungskontrolle

Revitalisierungsprojekte, an welchen sich der Bund finanziell beteiligt, sind im Rahmen einer Erfolgskontrolle zu überprüfen [46]. Neben einer Umsetzungskontrolle wird mit einer standardisierten Wirkungskontrolle die ökologische Wirkung der umgesetzten Massnahmen erfasst. Für Einzelprojekte wie das vorliegende legt die vorgegebene Methode fest, dass im Minimum zwei der elf aufgeführten Indikatorsets zur Anwendung kommen.

9.2 Gesamtkonzept Wirkungskontrolle Muota

An der Muota und in ihrem Einzugsgebiet sollen in den nächsten Jahren eine ganze Reihe von Massnahmen durchgeführt werden. Diese Massnahmen resultieren aus der Sanierung Wasserkraft (Schwall-Sunk, Geschiebe, Fischgängigkeit), der Neukonzessionierung der Muotakraftwerke und der Revitalisierungsplanung. Ein übergeordnetes Gesamtkonzept [47] soll sicherstellen, dass die verschiedenen, durchzuführenden Wirkungskontrollen aufeinander abgestimmt und Synergien genutzt werden. Basierend auf Abschnitten werden für die Muota Indikatoren empfohlen. Der Projektperimeter ist nahezu übereinstimmend mit dem Abschnitt 34. Folgende Indikatoren-Sets sind für das Revitalisierungsprojekt vorgesehen:

- 1 Habitatvielfalt
- 6 Makrozoobenthos
- 7 Fische
- 8 Ufervegetation

Ausserdem werden weitere Indikatoren vorgeschlagen zur Überprüfung der Wirkung der Sanierungen Schwall-Sunk, Geschiebe und Fischgängigkeit sowie für die Wirkung der Restwasserdotierung.

9.3 Vorschlag Indikatoren Revitalisierung

Die Indikatoren aus dem Gesamtkonzept Wirkungskontrolle Muota werden übernommen. Zusätzlich werden weitere Indikatoren vorgeschlagen, welche die spezifischen Projektziele berücksichtigen und die Wirkung der Massnahmen besser hervorheben.

Zusätzlich soll das Indikatorset 2 Dynamik erhoben werden. Die eigendynamische Entwicklung der Muota ist ein übergeordnetes Projektziel aus der Nutzungsvereinbarung (naturnahe, dynamische Gerinneform) und eine Voraussetzung für die Entfaltung einer guten ökologischen Wirkung.

Weiter wird vorgeschlagen das Indikatorset 9 Avifauna zu erheben. Vorkommen und Häufigkeit vieler Vogelarten sind von Ufer- und Auenlebensräumen abhängig, damit sie

geeignete Nistplätze zur Verfügung haben oder ausreichend Nahrung finden. Zielarten sind Vogelarten, die durch die Revitalisierungsmassnahmen gefördert werden sollen.

Als weiteres zusätzliches Indikatorset wird 11 Laufkäfer empfohlen. Die Laufkäfer sind eine artenreiche Familie, welche in der Schweiz mit 526 Arten vertreten ist. Sie besitzen eine vielfältige Ökologie und sind gut erforscht. U.a. besteht eine Rote Liste der gefährdeten Laufkäferarten. Unter den Laufkäfern gibt es weit verbreitete Generalisten, daneben sind einige aber auch absolute Spezialisten. So kommen rund ein Viertel (139 Arten) aller Laufkäfer in der Schweiz entweder ausschliesslich oder vorwiegend in Auenbiotopen vor. Laufkäfer sind besonders gut geeignet, um die kargen Lebensräume auf häufig umgelagerten Kiesbänken, wie sie mit dem Projekt geschaffen werden sollen, zu beurteilen und den Erfolg des Projektes auch relativ kurzfristig aufzuzeigen.

Da im Gerinne spezifische Massnahmen zur Strukturierung umgesetzt werden sollen, welche u.a. darauf abzielen, vielfältige Habitatstrukturen für Fische zu schaffen, wird eine spezifische Überprüfung deren Wirkung als wichtig erachtet. Neben den Aufnahmen im Rahmen von Indikatorset 6 Fische sollen ergänzend punktuelle Befischungen von Strukturen (Totholzstrukturen, Kiesbänke, Längsverbau) durchgeführt werden. So kann die Wirkung der Strukturmassnahmen beurteilt werden.

Aufgrund der grossen Bedeutung dieses Abschnitts der Muota für die Vernetzung zwischen Vierwaldstättersee und Seeweren / Lauerzersee ist der untere Abschnitt der Seeweren in die Wirkungskontrolle betreffend Fische einzubeziehen. Es können so wichtige Aussagen zur Wirkung gemacht werden, welche bei einer alleinigen Untersuchung in der Muota nicht möglich wären.

10 ANHANG

Anhang A: Plan Variantenstudium AquaPlus AG

Anhang B: Berechnungsergebnisse 2D-Modellierung HZP

Anhang A

Plan Variantenstudium AquaPlus AG

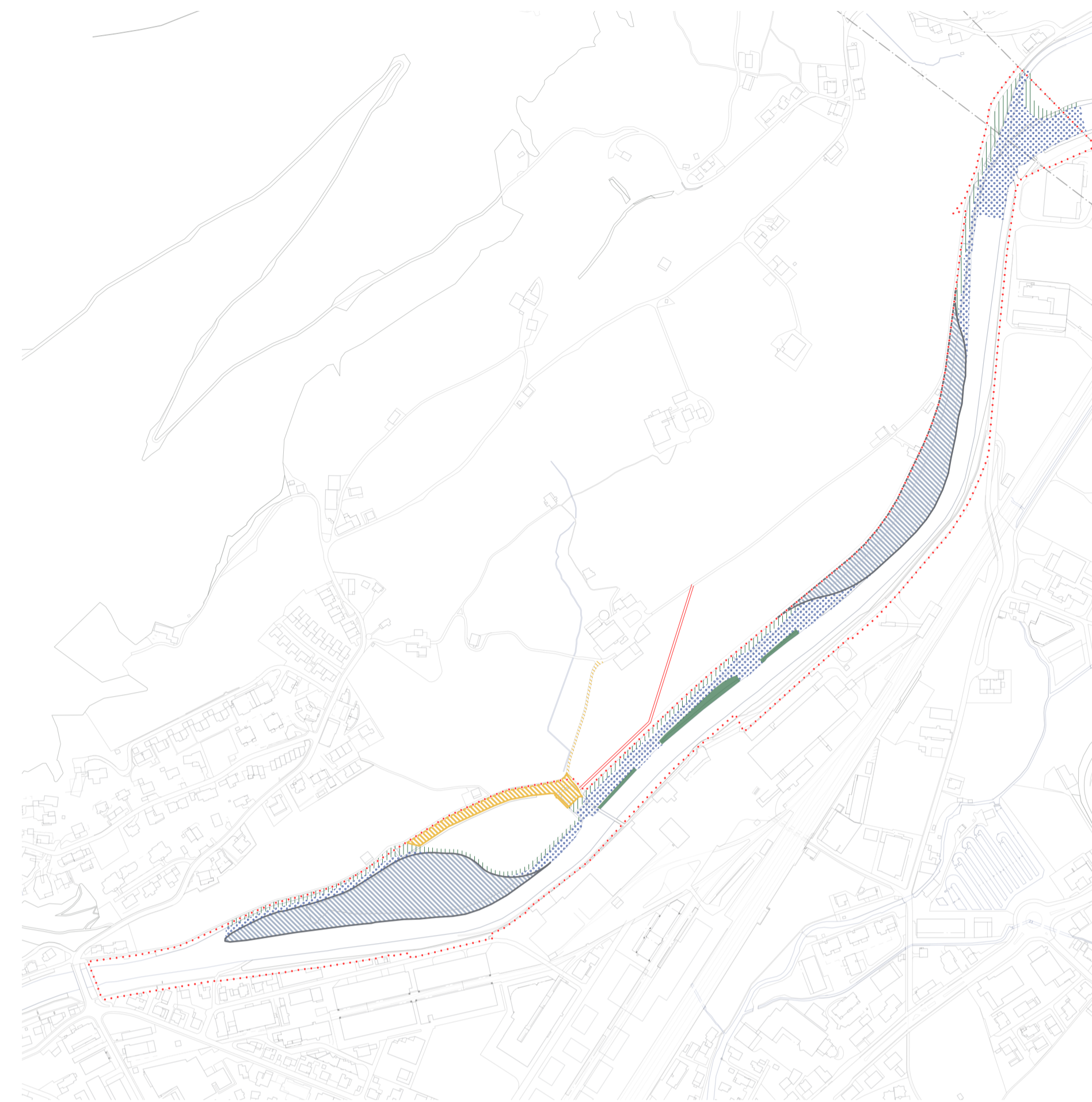
VARIANTE A1 - "ALTRIM"



VARIANTE A2 - WÄSSERWIENEN



VARIANTE A3 - AUENLANDSCHAFT



Legende

- Verbreiterung Muota / U/W Kanal
- Aufwertung Gewässersohle
- Erhalt Gehölze
- Aufwertung Uferbereich / Böschung heterogen, variierend 1:3 - 2:3
- Zugang Erholungsuchende
- Abbruch Kanal; Rekultivierung
- Abbruch Weg; Rekultivierung
- Weg Projektiert
- Überflutbare Bereiche, Aue
- Bühne / Offene Kiesfläche
- Wässerwiesen
- Informationsstand, Besucherzentrum o.ä.

Referenzbilder



Weichholz-Auenwald. Quelle Bild: infofora - Peter Bolliger



Durch die gezielte Schaffung adäquater Bedingungen (kiesige Sohle usw.) sollen die Äschenbestände längerfristig geschützt werden. Quelle Bild: Michel Roggo



Totholzstrukturen besitzen eine strukturierende Funktion und bilden für Fische essentielle Lebensgrundlagen. Quelle Bild: AquaPlus - Roman Lüssi



Die Muota soll durch gezielte Massnahmen ihre naturnahe Dynamik zurück erhalten, wie die Aue im Bild. Quelle Bild: RAOnline

**REVITALISIERUNG MUOTA
ABSCHNITT KW BRUNNEN** **2293**



VARIANTENSTUDIUM **2293_2412**

Auftraggeber	Bezirk Schwyz Umwelt Strategie 15 6430 Schwyz	Index	Kommentar	Datum	Gez.
Datum	28.03.23	Pfingsthöhe	1.050m / 0.594m		
Massstab	1:5000	Dateiname	2293_2410_230328.vwx		
Gezeichnet	RL	Geprüft	MC RL		

AquaPlus AG - Getthardstrasse 30 - CH-6300 Zug
Fon +41 41 729 30 00 - Fax +41 41 729 30 01
admin@aquaplus.ch - www.aquaplus.ch

Bemerkungen

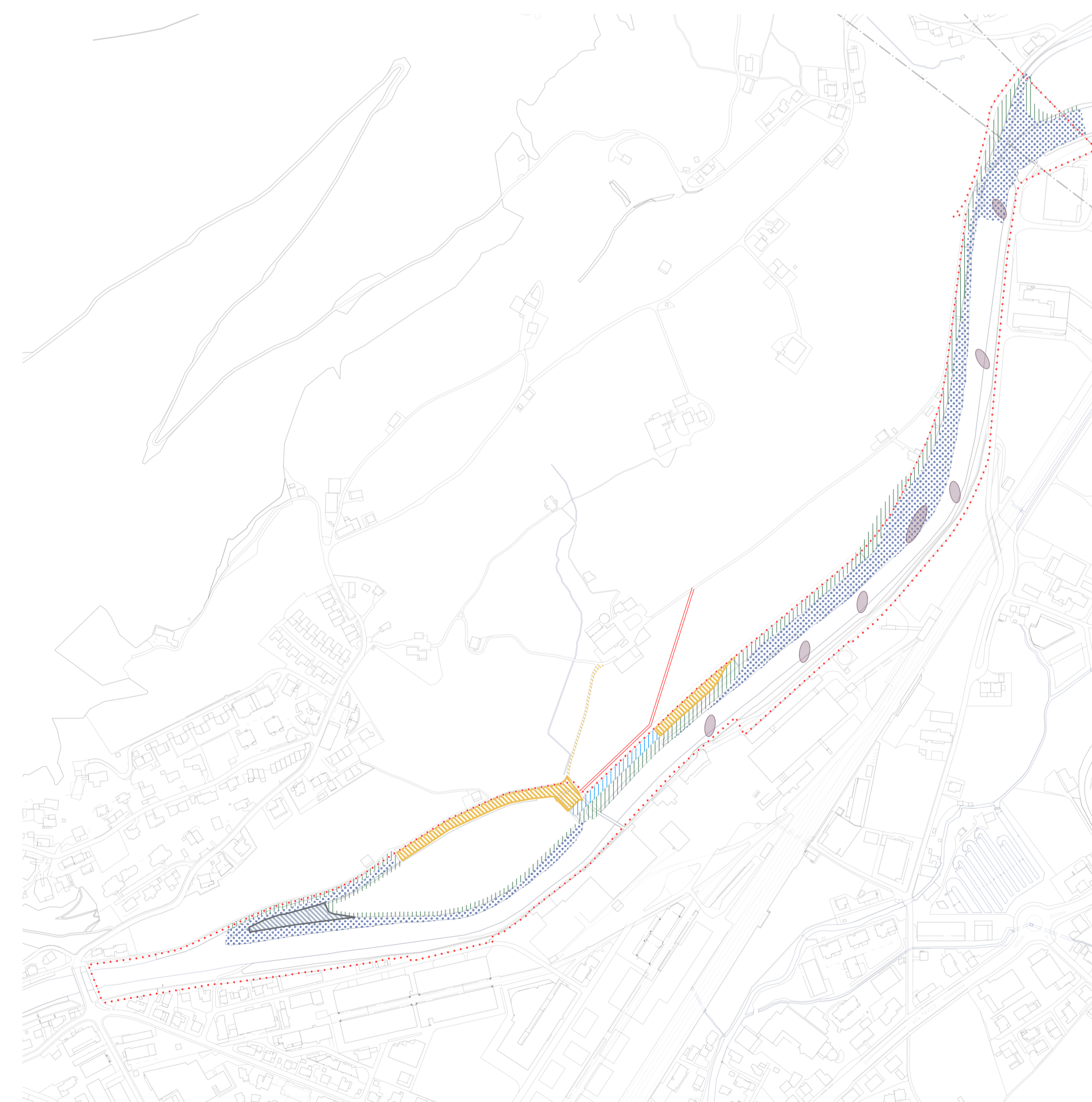
Mittlere Wasserstand:
Stand AV Daten 15.3.23
Stand Grundlagen LA

VORABZUG

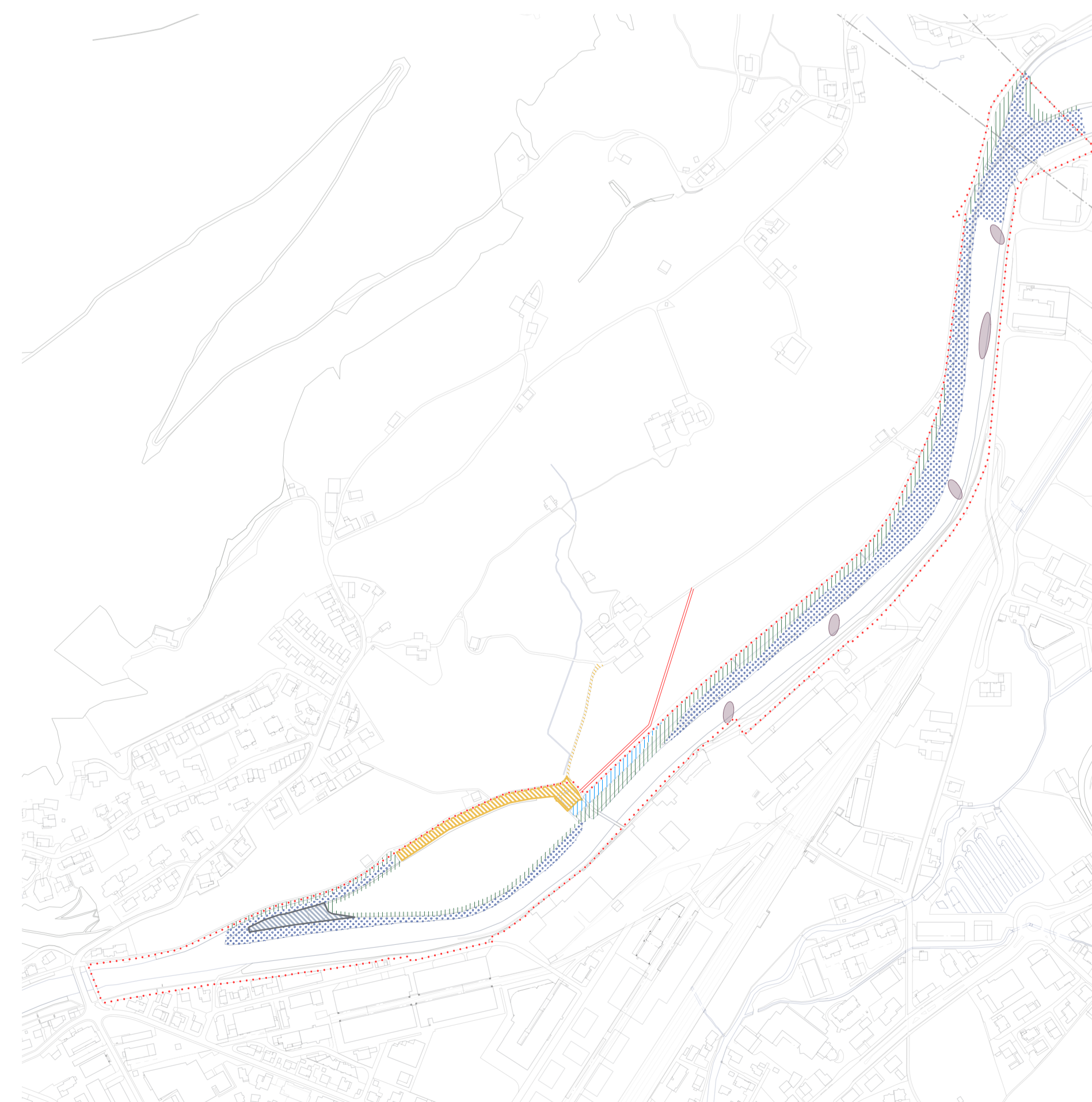
VARIANTE B1



VARIANTE B2



VARIANTE B3



Anhang B

Berechnungsergebnisse 2D-Modellierung HZP

Revitalisierung Muota, Abschnitt KW Brunnen

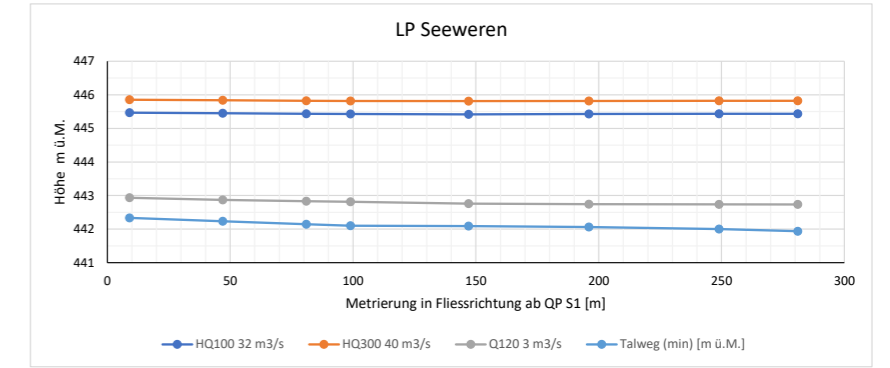
Resultate 2D-Modellierung und Geschiebetrachtungen. Stufe Vorprojekt

Projektzustand				HQ100 400 m3/s mit Teilverklauung Wylenbrücke (run019)			HQ300 480 m3/s mit Teilverklauung Wylenbrücke (run020)			Q120 21.3 m3/s ohne Teilverklauung Wylenbrücke (run021)		
Querprofile Muota				mittlere Sohle 2D-Modell [m ü.M.]			Talweg 2D-Modell (min) [m ü.M.]			WSP gemittelt im QP		
fid	GEWISS	BAFU	Notiz	WSP gemittelt im QP			WSP gemittelt im QP			WSP gemittelt im QP		
4	923	-		434.81	434.57	438.50	438.86	435.45				
0	1023	-		435.17	434.82	438.84	439.19	435.76				
1	1126	-		435.44	435.37	439.17	439.46	436.07				
2	1222	-		435.62	435.48	439.38	439.77	436.33				
3	1327	5.1		435.79	435.56	439.71	440.07	436.55				
11	1351	5.075	Luzernerstrasse	435.97	435.79	439.87	440.26	436.60				
12	1371	5.055	Wylenbruecke	435.95	435.77	440.36	440.80	436.71				
13	1445	4.981		436.17	436.02	440.84	441.33	436.90				
14	1576	4.86		436.58	436.48	441.06	441.56	437.22				
15	1718	4.714		436.86	436.84	441.22	441.67	437.53				
16	1893	4.54		437.34	437.28	441.30	441.74	438.00				
17	2016	4.421		437.83	437.83	441.55	441.85	438.39				
18	2192	4.245		438.64	438.62	442.23	442.51	439.14				
19	2311	4.124		439.22	439.16	442.40	442.78	439.62				
20	2425	4.009		439.70	439.67	442.57	442.93	440.14				
21	2527	3.908		440.13	440.13	443.00	443.34	440.53				
22	2641	3.804		440.65	440.64	442.66	442.92	441.07				
23	2764	3.678		441.20	441.20	444.08	444.38	441.71				
24	2875	3.567		441.70	441.70	444.53	444.82	442.17				
25	2956	3.486		442.06	442.06	445.20	445.55	442.58				
26	3031	3.411		442.40	442.39	445.23	445.61	442.81				
5	3143	3.305		442.93	442.90	445.76	446.06	443.43				
6	3241	3.205		443.24	443.15	446.60	446.94	443.83				
7	3298	3.139		443.44	443.21	446.76	447.09	444.01				
8	3338	-		443.58	443.41	446.96	447.30	444.13				
9	3474	-		444.06	443.95	447.47	447.82	444.61				
10	3650	-		444.65	444.47	448.13	448.48	445.21				

Querprofile Seeweren

Name	Stationierung ab S1 in Fliessrichtung	Talweg (min) [m ü.M.]	HQ100 32 m3/s	HQ300 40 m3/s	Q120 3 m3/s
S1	9	442.335	445.47	445.85	442.93
S2	47	442.235	445.45	445.84	442.87
B3	81	442.144	445.44	445.82	442.83
B4	99	442.099	445.43	445.82	442.81
S5	147	442.091	445.42	445.81	442.76
S6	196	442.063	445.43	445.82	442.74
S7	249	442.001	445.43	445.82	442.74
S8	281	441.938	445.43	445.82	442.73

ab hier nur Zufluss Muota ohne Seeweren



LP Muota

