Beilage Nr. 1.02

Revitalisierung Muota
Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Bauprojekt

Technischer Bericht

INGE Mehrwert Muota
Kissling + Zbinden AG
AquaPlus AG
Dr. von Moos AG
Hunziker, Zarn & Partner AG

Projekt Nr.	Plan Nr.
6.460	/ 32.202

Format
A4

		Gezeichnet / Revidiert		Geprüft		Freigabe	
		Datum	Visum	Datum	Visum	Datum	Visum
						25.04.2025	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_32.200

Erstellungsdatum
07.07.2023

Fassung vom
22.06.2025

Bearbeitung
Luca Apitzsch, Markus Knellwolf, (K+Z AG)
Florian Hinkelammert-Zens (HZP)
Tino Stähli, Mathieu Camenzind (AquaPlus AG)

Q-Prüfung

Datum	22.06.2025, 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**	**7**
3.1	Projektperimeter	7
3.2	IST-Zustand	7
3.2.1	Abfluss und Abflussdynamik	7
3.2.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	8
3.2.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	10
3.2.4	Uferbereich	11
3.2.5	Vernetzung	12
3.2.6	Biodynamik	13
3.2.7	Grundwasser und vertikale Vernetzung	13
3.2.8	Wasserqualität und Temperatur	14
3.2.9	Organismen	15
3.2.10	Anlagen und Nutzungen	19
3.2.11	Bestehende Gefahrensituation	27
3.2.12	Historische Ereignisse	29
3.3	Naturzustand	31
3.3.1	Abfluss und Abflussdynamik	31
3.3.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	32
3.3.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	32
3.3.4	Uferbereich	33
3.3.5	Vernetzung	33
3.3.6	Biodynamik	33
3.3.7	Grundwasser und vertikale Vernetzung	34
3.3.8	Wasserqualität und Temperatur	34
3.3.9	Organismen	34
3.4	Referenzzustand	35
3.4.1	Irreversible und reversible Einflüsse	35
3.4.2	Abfluss und Abflussdynamik	36
3.4.3	Geschiebe und Feststoffdynamik	36
3.4.4	Gerinnestruktur und Morphodynamik	36
3.4.5	Uferbereich	36
3.4.6	Vernetzung	37
3.4.7	Biodynamik	37
3.4.8	Grundwasser und vertikale Vernetzung	37
3.4.9	Wasserqualität, Temperatur	37
3.4.10	Organismen	37
3.5	Defizitanalyse	37
3.5.1	Abfluss und Abflussdynamik	38
3.5.2	Geschiebe und Feststoffdynamik	38
3.5.3	Gerinnestruktur und Morphodynamik	38
3.5.4	Uferbereich	38

3.5.5 Vernetzung 38
3.5.6 Biodynamik 39
3.5.7 Grundwasser und vertikale Vernetzung 39
3.5.8 Wasserqualität und Temperatur 39
3.5.9 Organismen 39

4 Zieldefinition (Sollzustand) 41
4.1 Anlagen und Nutzungen (Restriktionen) 41
4.1.1 Restriktionsklassen 41
4.1.2 Projektbezogene Klassierung der Anlagen und Nutzungen 42
4.2 Ziele Hochwasserschutz 43
4.2.1 Schutzziele linke Uferseite 43
4.2.2 Schutzziele rechte Uferseite 44
4.2.3 Schutzziel ARA Schwyz 44
4.2.4 Hochwasserschutz Seeweren 45
4.3 Ökologische Entwicklungsziele 45
4.3.1 Abfluss und Abflussdynamik 46
4.3.2 Geschiebe und Feststoffdynamik 46
4.3.3 Gerinnestruktur und Morphodynamik 46
4.3.4 Uferbereich 47
4.3.5 Vernetzung 47
4.3.6 Biodynamik 47
4.3.7 Grundwasser und vertikale Vernetzung 47
4.3.8 Wasserqualität und Temperatur 47
4.3.9 Organismen 48
4.4 Zielsetzungen Gesellschaft und Naherholung 48

5 Massnahmenplanung 50
5.1 Variantenstudium Wasserbau 50
5.1.1 Varianten Einmündung Seeweren, Vorprojekt 50
5.1.2 Varianten im Bereich Seitenarm / Altarm, Vorprojekt 52
5.1.3 Weiterentwicklung des Variantenstudiums im Bereich Altarm im Bauprojekt 58
5.1.4 Varianten im Gerinne der Muota 60
5.2 Hydraulische Modellierung 61
5.2.1 Modellaufbau und -perimeter 62
5.2.2 Hydraulische Plausibilisierung 63
5.2.3 Grundlagen morphologische Simulationen 65
5.2.4 Langzeitsimulationen (repräsentative Jahresganglinien) 67
5.3 Projektsohle 68
5.4 Geschiebehaushalt nach Projektabschluss 71
5.4.1 Geschiebeeintrag gemäss Ist-Zustand 71
5.4.2 Sanierter Zustand 72
5.5 Bemessungsabflüsse 72
5.6 Bauliche Massnahmen 73
5.6.1 Ufertypen 73
5.6.2 Aquatische Strukturelemente 76
5.6.3 Bauliche Massnahmen Muota 78
5.6.4 Bauliche Massnahmen Seeweren 81
5.6.5 Bauliche Massnahmen Werkleitungen 83
5.7 Raumplanerische Massnahmen 84
5.7.1 Raumbedarf nach Roulier 84

5.7.2 Festlegung des Gewässerraums 84
5.7.3 Raumplanerische Sicherung des Überlastkorridors 84
5.8 Materialbewirtschaftungskonzept 85
5.8.1 Materialbilanz 85
5.9 Landerwerb und temporär beanspruchte Fläche 86
5.10 Naherholung und Besucherlenkung 86

6 Auswirkungen der Massnahmen 87
6.1 Auswirkungen auf die Umwelt 87
6.2 Hochwasserschutz und Überlastfall 87
6.2.1 Gefahrensituation nach Massnahmen 87
6.2.2 Retentionseffekt im Gebiet Husmatt im Überlastfall 89
6.3 Effekte auf Gefährdung durch Oberflächenabfluss 91

7 Kosten 92
7.1 Kostenvoranschlag 92
7.2 Finanzierung und Kostenteiler 93
7.2.1 Abschnitte für Berechnung Kostenteiler 93
7.2.2 Finanzierung und Kostenteiler 93
7.2.3 Anrechenbarkeit der Kosten 94
7.2.4 Subventionssätze 95

8 Bauvorgang 96
8.1 Bauzeit und Ausführungszeitpunkt 96
8.2 Bauablauf und Baulose 96
8.3 Erschliessung der Baustelle 97
8.4 Wasserhaltung 98

9 Wirkungskontrolle 99
9.1 Pflicht zur Wirkungskontrolle 99
9.2 Gesamtkonzept Wirkungskontrolle Muota 99
9.3 Vorschlag Indikatoren Revitalisierung 99

10 Anhang 101

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 Geschiebehaushalt, 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,» undesamt 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 secoriel 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, «Vorpojekt 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,» Nachdruck des 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] Professur für Wasserbau. Gian Reto Bezzola , *Flussbau. Vorlesungsmanuskript, Fassung FS 2010,* ETH Zürich, 2010.

[44] Gemeinderat Gemeinde Ingenbohl, *Auszug aus dem Protokoll vom 15. Januar 2024. Muota Revitalisierung Abschnitt Kraftwerk Brunnen - Anforderungen an Naherholungsbereich.,* Ingenbohl, 2024.

[45] Knellwolf M. (Kissling + Zbinden AG), *Protokoll Projektgruppensitzung Nr. 04 vom 29.06.2023, Festlegung GWR,* 08.07.2023 .

[46] R+K Büro für Raumplanung AG, *Zonenplan Siedlung,* Gemeinde Ingenbohl, 2021.

[47] Reichmuth Thomas , *E-Mail mit Betreff: Revitalisierung Muota, Abschnitt KW Brunnen: Kostenteiler, Sitzungsergebnis,* 03.04.2025; 12:00.

[48] Jonas Imhof, Amt für Gewässer, *E-Mail Antwort auf die E-Mail mit Betreff: Revitalisierung Muota, Abschnitt KW Brunnen: Kostenteiler, Sitzungsergebnis,* 17.04.2025; 08:56.

[49] 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.

[50] Andreas Baumgartner, Projektleiter Tiefbau, *Protokoll Koordinationssitzung Sanierung Seewernstrasse und Brücke Langesteg mit Projekt Revitalisierung Muota,* Schwyz: Bezirk Schwyz, 14.11.2024.

[51] 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.

[52] Kraftwerke Oberhasli AG, *Gesamtkonzept Wirkungskontrolle Muota. Schlussbericht.,* Innertkirchen, 1.6.2023.

[53] AquaPlus AG, B+S AG, AF CONSULT, «Muotakraftwerke. Sanierungsbericht Schwall-Sunk. KW Wernisberg, KW Hinterthal und KW Bisisthal,» ebs Energie AG, Schwyz, 2021.

[54] 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.

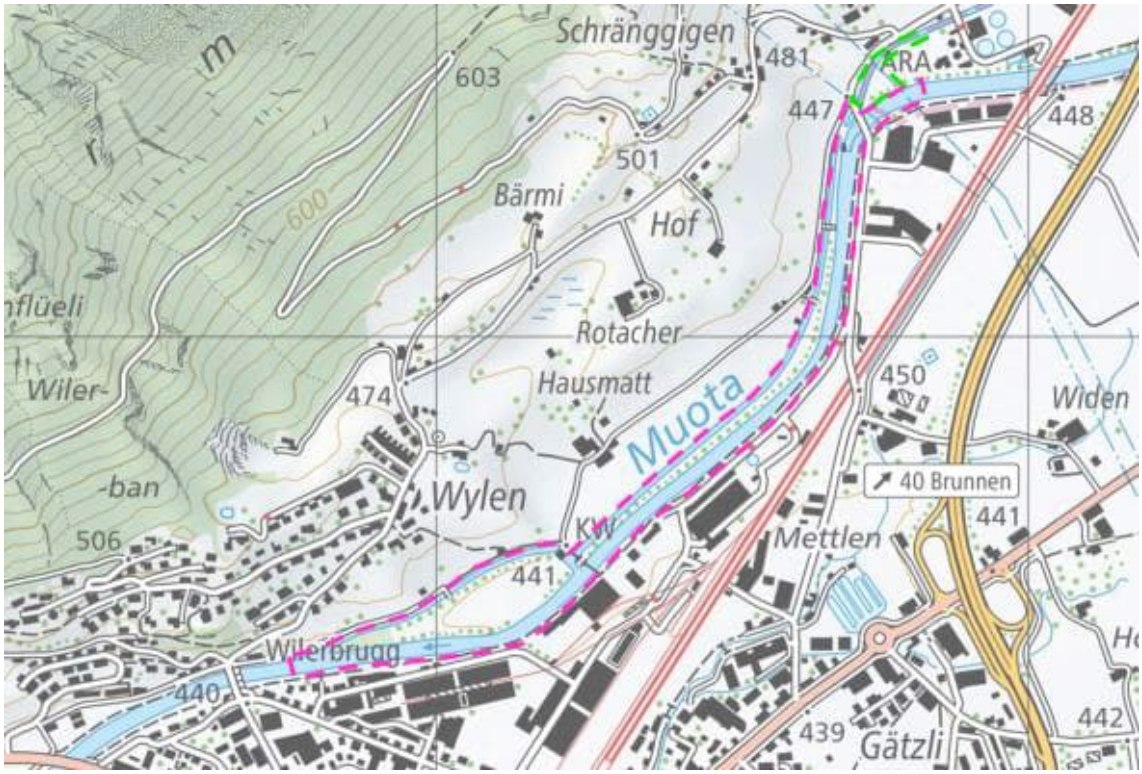


Abbildung 1: Projektperimeter, rosa gestrichelt Zuständigkeitsbereich ebs & Bezirk, grün gestrichelt alleinige Zuständigkeitsbereich Bezirk.

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 m³/s**	**480 m³/s**	**570 m³/s**	Quelle: Naturgefahrenkarte
326 m³/s	365 m³/s	438 m³/s	k. A.	Quelle: Hochwasserstatistik BAFU, Messstation Ingenbohl, NuV

Tabelle 2: Bemessungsabflüsse Hochwasser Seeweren mit Nietenbach

HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{300}	EHQ	Bemerkungen
26 m³/s	**32 m³/s**	**40 m³/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: Saisonal 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 Nietenbachs 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. Im Referenzzustand (ohne Entnahmen), wäre die Geschiebefracht rund doppelt so hoch (vgl. Abbildung 2).

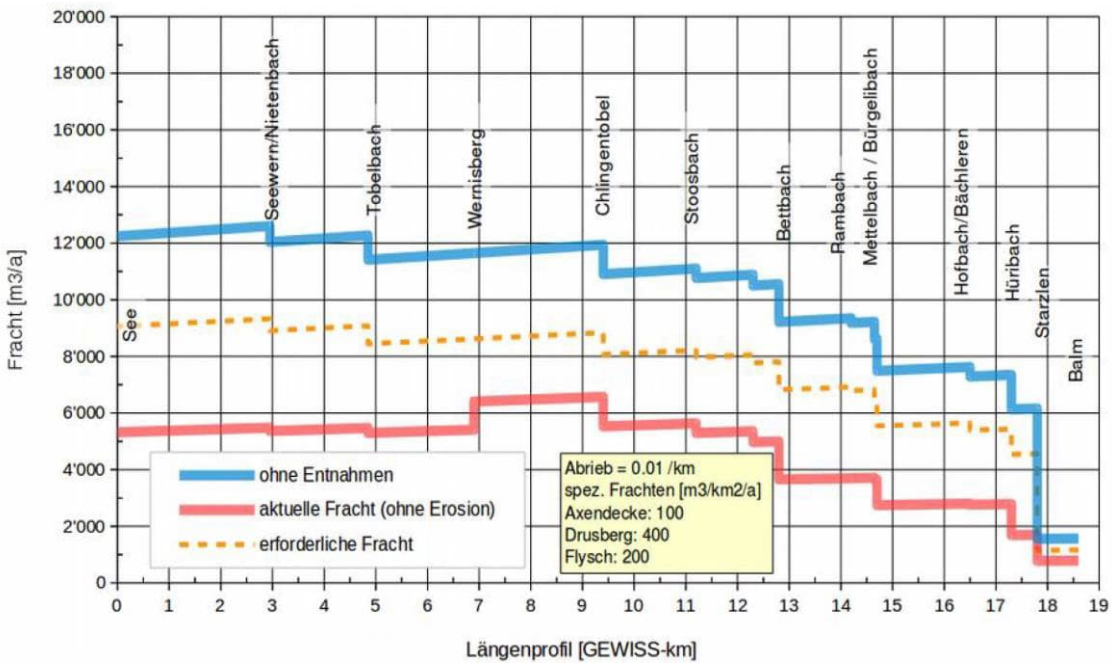


Abbildung 2: Geschiebefrachten der Muota von See bis Balm, Quelle: Beffa Tognacca, 2018 [7].

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 bei der Beurteilung und Betrachtung der Brücken, wird jedoch mit Schwemmholz gerechnet.

Abbildung 3: 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.

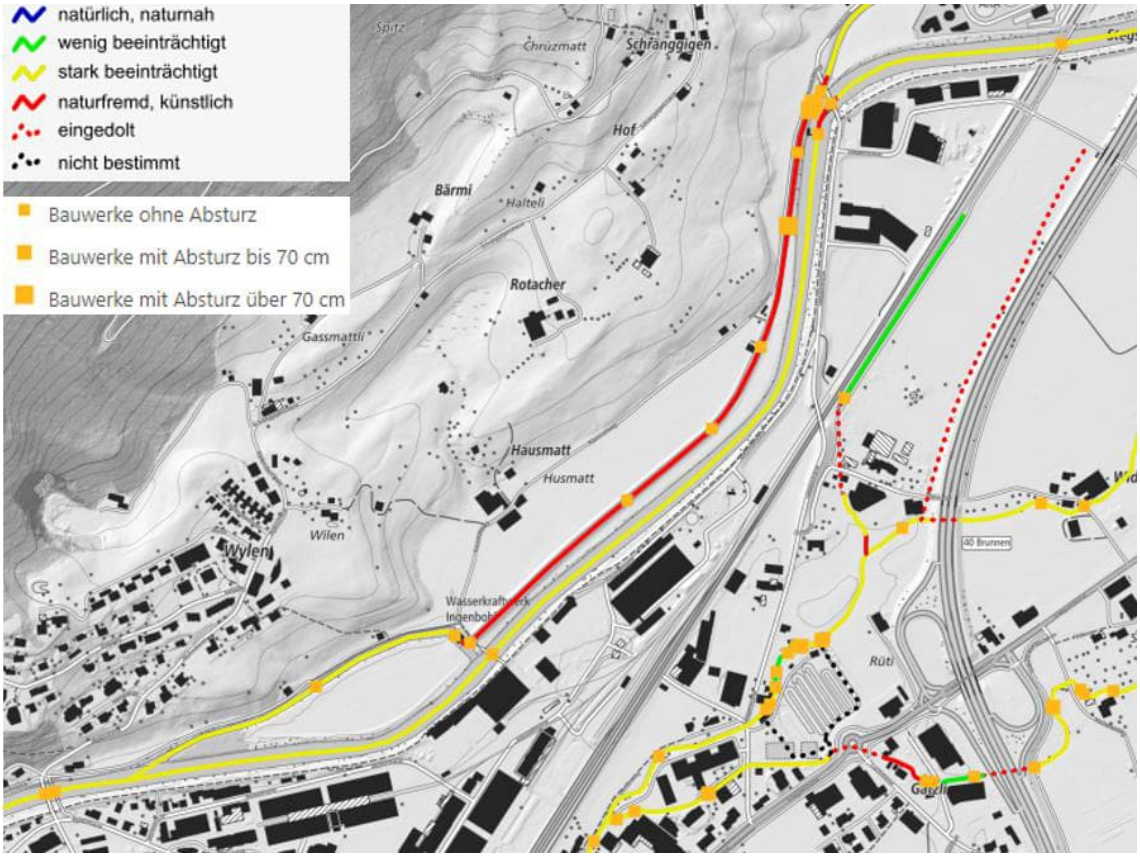


Abbildung 4: Ausschnitt der Karte Ökomorphologie (inkl. Legende). Quelle: [9]

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 5: 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 6: Wanderhindernis Wehr KW Brunnen mit einer Spundwandabtrennung zwischen dem Wehr und dem Umgehungsgerinne, Fotos: K+Z AG

Die nächste wesentliche Beeinträchtigung der Durchgängigkeit besteht beim 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 Muotaschlucht – 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 4). 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 im betrachteten Abschnitt der Muota 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 geologische Atlas der 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 7 dargestellt, der Jahresverlauf in Abbildung 8.

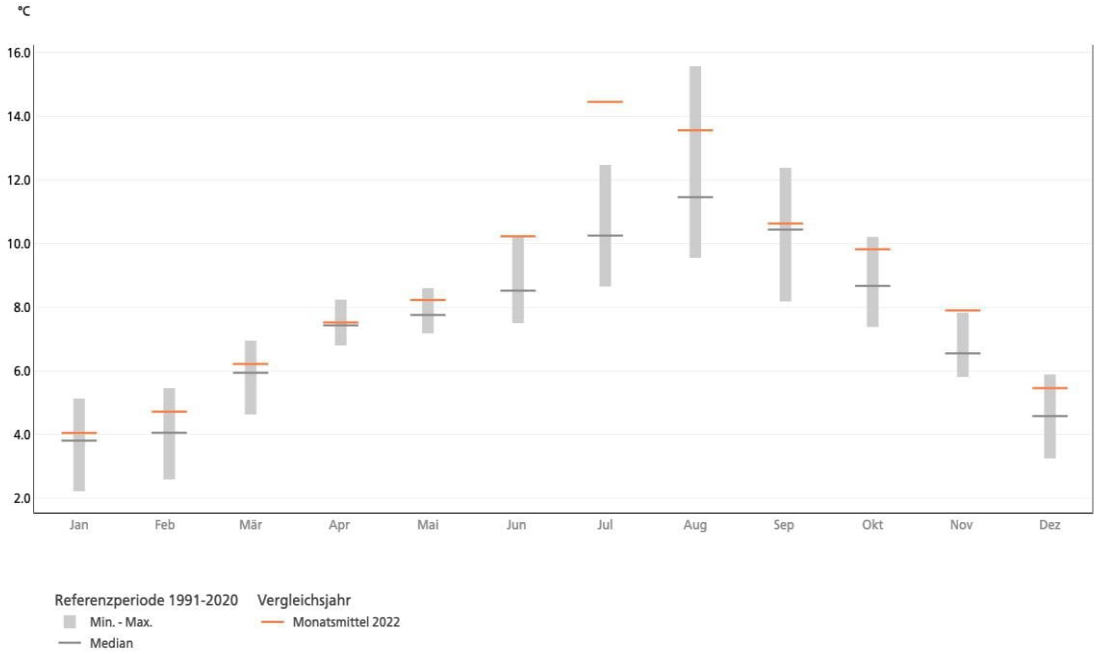


Abbildung 7: Monatsmittel der Wassertemperatur in der Muota für die Referenzperiode 1991 – 2020 und das Vergleichsjahr 2022. Quelle: BAFU, Messstation 2084 bei Ingenbohl, online am 11.7.2023.

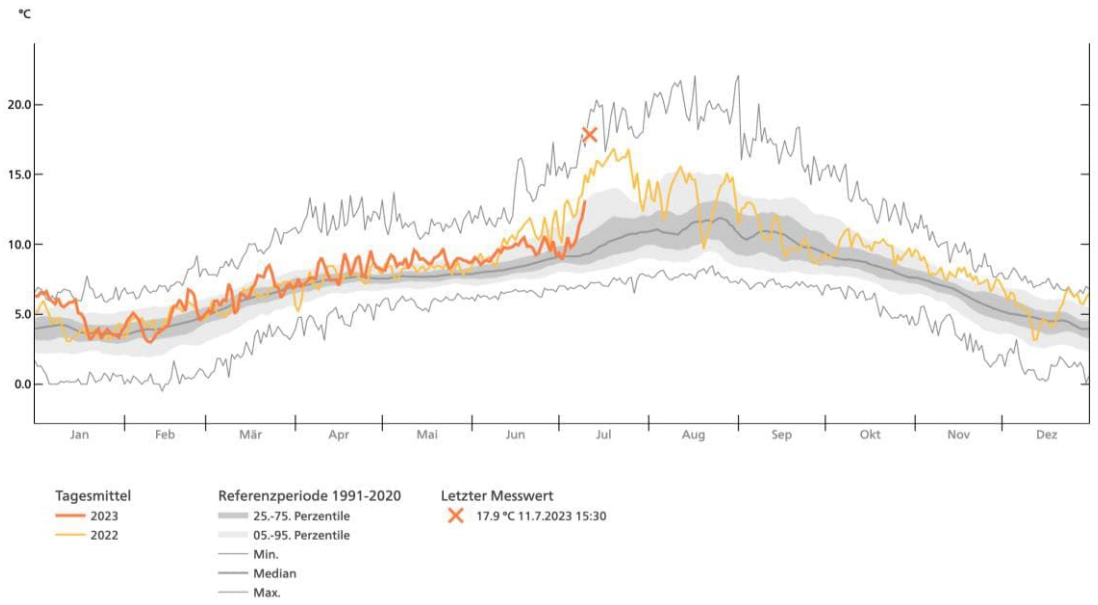


Abbildung 8: Jahresverlauf der Tagesmittel der Wassertemperatur in der Muota. Vergleich der Referenzperiode 1991 – 2020 mit den Jahren 2022 und 2023. Angabe des letzten Messwerts vom 11.7.2023 um 15:30. Quelle: BAFU, Messstation 2084 bei Ingenbohl, online am 11.7.2023

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], Düfur (Düfur 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 «Submersenbach[1]» 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

[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.

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.

Terrestrische Flora und Fauna

Es kommen im Gebiet kommunale Naturschutzzonen und inventarisierte Einzelobjekte (Hecken) 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.

Im Rahmen der Erarbeitung des UVB (Berichtbeilage 1.04) erfolgte im Projektperimeter im Sommer 2024, zur Erhebung der Flora eine Lebensraum- und Vegetationskartierung. Dabei wurden mit dem Quirlblättrigen Tausendblatt (Myriophyllum verticillatum, NT), dem Sumpf-Storchschnabel (Geranium palustre, NT) und dem Hirschzungenfarn (Phyllitis scolopendrium, §CH) wenige rote Liste Arten entdeckt. Im Gegenzug wurden jedoch grosse Vorkommen an invasiven Neophyten festgestellt.

Die Erhebungen zur Fauna, zu den Makroalgen und den Moosen erfolgten, mit Ausnahme zur Fischfauna, ausschliesslich mithilfe von Datenbankabfragen bei InfoSpecies. Für den Projektperimeter weisen diese Datenbanken folgende Vorkommen aus:

- Amphibien: Gelbauchunke (EN) im Gebiet ARA bei Muota linksufrig
- Insekten: Trauermantel (VU) bei KW Brunnen und Muota Oberwasserkanal
- Krebse: keine Daten
- Reptilien: Zauneidechse (VU) im Bereich der ARA und linksufrig Muota
- Brutvögel: Seidensänger (VU), Gartengrasmücke (VU), Mauersegler (NT), Turmfalke (NT), Rauchschwalbe (NT), Mehlschwalbe (NT), Grauschnäpper (NT), Grünfink (NT)
- Makroalgen: keine Daten
- Moose: Schlammmoos (VU) im Bereich der ARA

Wasserwirbellose

Die Wasserwirbellosen in der Muota, der Seeweren und dem Unterwasserkanal wurden an verschiedenen Stellen im Rahmen von NAWA TREND [13], [14], Düfur (Düfur Kanton Schwyz) und durch die ebs Energie AG [15], [16], [17] gemäss den BAFU Modulen Makrozoobenthos [21] untersucht. Die Wassserwirbellosenindices 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 Siedlungsentwässrung (ARA Schwyz) liegt.

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 wandernde 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 Elektrobefischungen der Jahre 2012 und 2013 (AquaPlus, 2021, angepasst).

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

Im Rahmen der Erarbeitung des UVB (Berichtbeilage 1.04) erfolgten im Projektperimeter im Herbst 2024, in Zusammenarbeit mit dem kantonalen Amt für Gewässer (AfG), weitere projektspezifische Befischungen. Konkret wurden die in Abbildung 9 abgebildeten Teilstrecken Seeweren, Oberwasserkanal, Unterwasserkanal oben und Unterwasserkanal unten befischt.

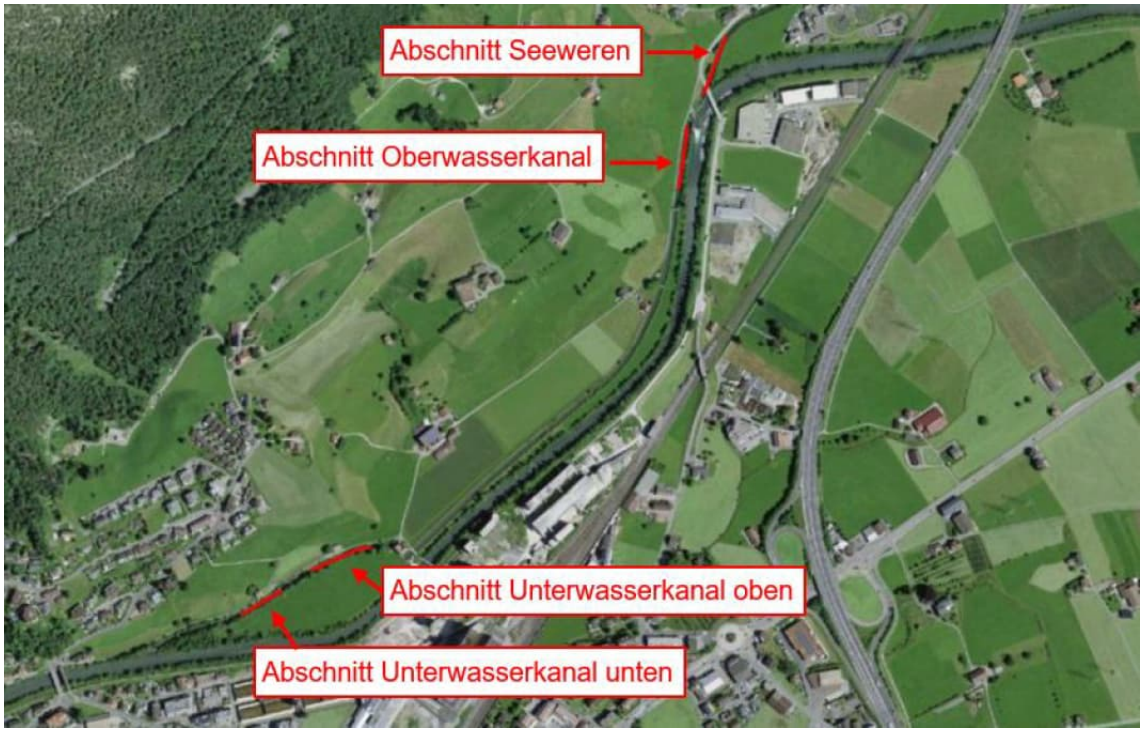


Abbildung 9: Projektspezifisch befischte Gewässerabschnitte

Während in der Seeweren und dem Oberwasserkanal lediglich je vier Fischarten nachgewiesen werden konnten, weist der Unterwasserkanal im Vergleich mit 8 Arten im Abschnitt oben und 11 Arten im Abschnitt unten eine wesentlich höhere Artendichte auf. Genauere Angaben und Ausführungen sind dem UVB (Berichtbeilage 1.04) zu entnehmen.

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 10). Bei der Fassung Langensteg direkt unterhalb der Einmündung der Seeweren wird Flusswasser in den betonierten Oberwasserkanal (vgl. Abbildung 11) bis zum Kraftwerksgebäude (Zentrale, vgl. Abbildung 13), 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 13).

Abbildung 10: Situationsübersicht des Kleinwasserkraftwerkes Brunnen, ergänzte Abbildung aus [22]

Die Ausbauwassermenge des KW Brunnen betrug bis zur Stilllegung 15.0 m³/s, was dem Q_{170} 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 11: Oberwasserkanal, Blickrichtung gegen Fliessrichtung, Fotos: K+Z AG

Abbildung 12: Unterwasserkanal, links: Blickrichtung in Fliessrichtung, rechts: Blickrichtung gegen Fliessrichtung, Fotos: K+Z AG

Abbildung 13: 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 Fruchtfolgeflächen (FFF) klassifiziert [9].

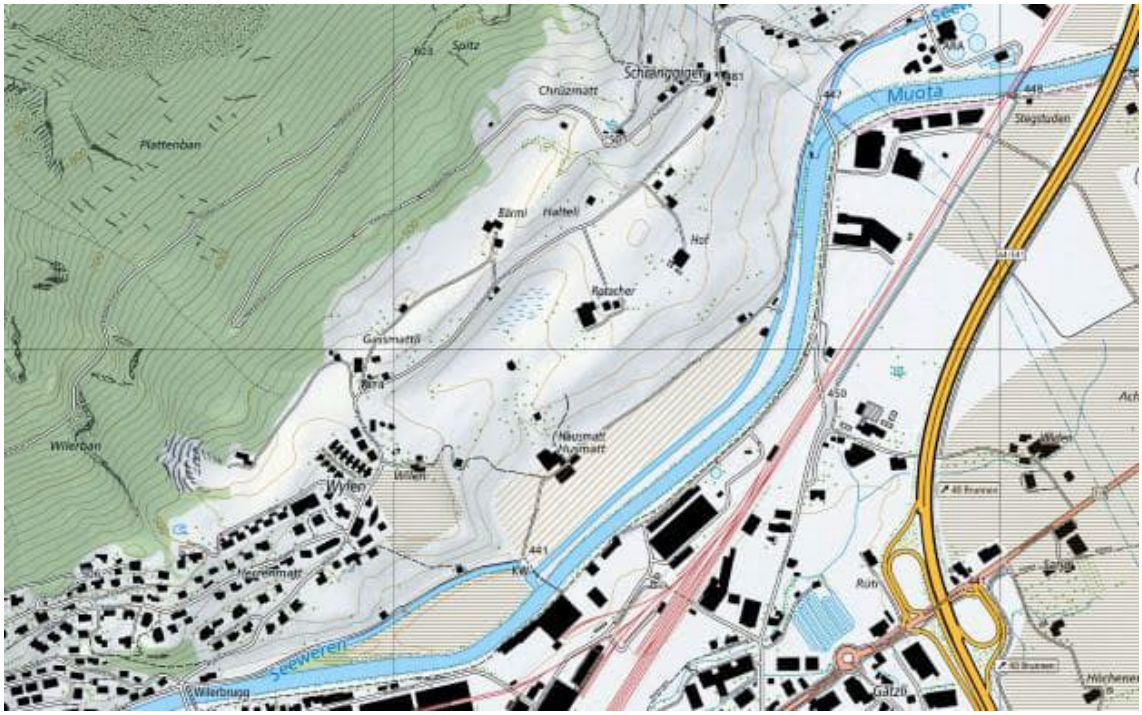


Abbildung 14: Inventar Fruchtfolgeflächen, Quelle: WebGIS *[9]* Stand 13.Juli 2023,

Vier landwirtschaftlich genutzte Gebäude stehen direkt am rechten Ufer des Kraftwerkkanals, zwei davon am Oberwasserkanal (Bsp. in Abbildung 15), die anderen zwei am Unterwasserkanal.

Abbildung 15: landwirtschaftliches Gebäude direkt am rechten Ufer des Oberwasserkanals zwischen Gewiss Nr. 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 Kraftwerkskanal. 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 Hauptwanderroute (vgl. Abbildung 16). 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.

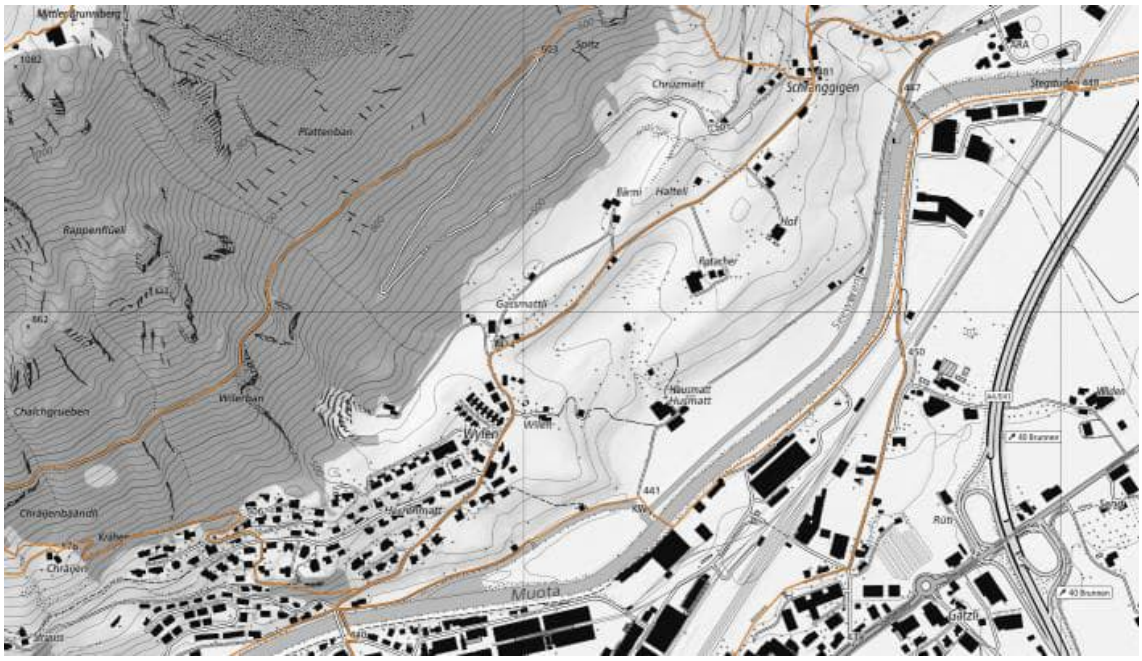


Abbildung 16: Wanderwegnetz, Auszug WebGIS [9]

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 17).

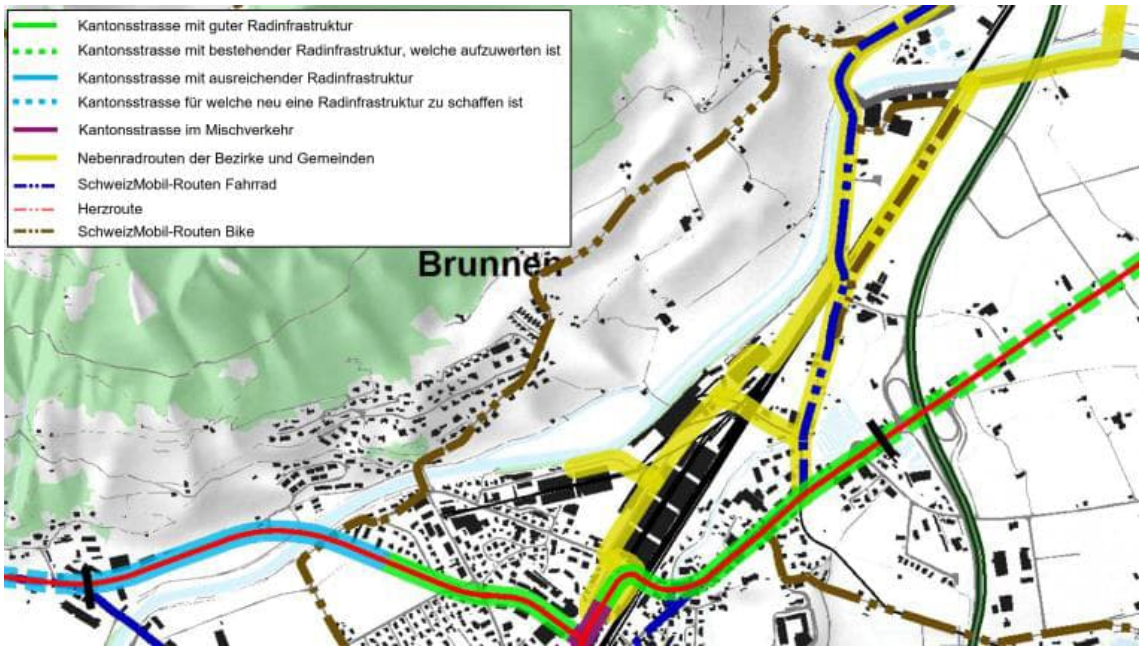


Abbildung 17: Auszug kantonales Radroutenkonzept (2015), Quelle: [23]

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 18). Der Hausmattweg ist eine private Erschliessungsstrasse der Genossame Ingenbohl und dem Eigentümer des Hofs 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 herannahenden Velofahrer/-innen, nicht ideal.

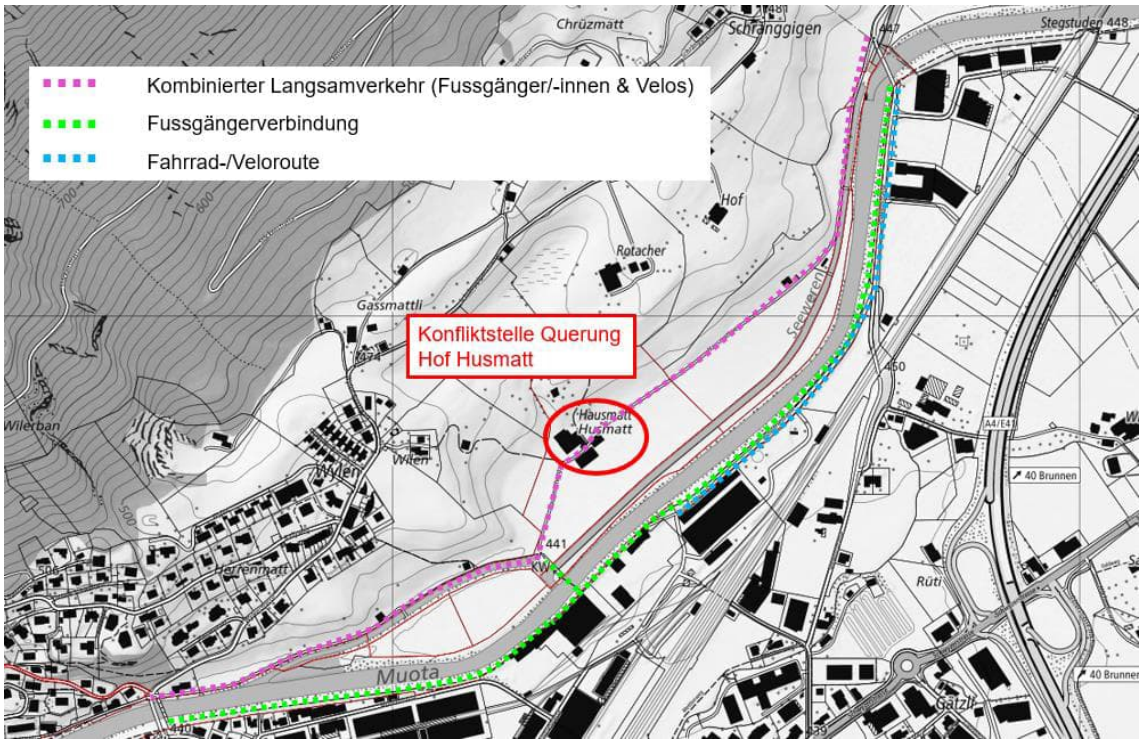


Abbildung 18: Aktuelle Nutzung der Wegverbindungen durch die Bevölkerung (gelebte Realität)

3.2.10.4 Brücken

Zwei Verkehrswege queren die Muota innerhalb des Projektperimeters. Einerseits die Brücke Langesteg (Seewenstrasse) bei der Seewerenmündung, andererseits der Fussgängersteg Husmatt beim Kraftwerk Brunnen. Die Brücke Langesteg ist am Ende ihrer Lebensdauer (Zustandsbericht TFB AG, 2022), weshalb ein Ersatzneubau angedacht (Drittprojekt Bezirk Schwyz) ist.

Abbildung 19: Brücke Langesteg, Blickrichtung flussaufwärts, Foto K+Z AG, 2022

Der Steg Husmatt wurde gemäss mündlichen Informationen in den 60er oder 70er Jahren als Fussgängerbrücke errichtet (keine Baudokumentation vorhanden/ auffindbar). Aufgrund der Bauart, der Bauzeit und der Dimension ist davon auszugehen, dass es sich um eine nicht vorgespannte Plattenbalkenbrücke aus Stahlbeton handelt. Die Tragbalken bilden gleichzeitig die Bordüre. Eine Zustandsbeurteilung der Brücke im Rahmen des hier vorliegenden Bauprojekts (Berichtbeilage 1.06) hat ergeben, dass sich die Brücke augenscheinlich in einem annehmbaren Zustand befindet. Es sind keine Schäden zu erkennen, die auf eine reduzierte statische Tragfähigkeit schliessen lassen. Im weiteren zeigen die Resultate der hydraulischen Modellierungen, dass beim Steg, mit Blick auf das fürs rechte Ufer definierte Schutzziel, eine genügend grosse Abflusskapazität besteht.

Abbildung 20: Steg Husmatt

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 Verklausungsgefahr, weshalb für die hydraulische Modellierung Verklausungsszenarien definiert wurden.

Abbildung 21: Historische Wylerbrücke

3.2.10.5 Abwasserreinigungsanlage (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 (Nova Port) wurde Ende 2024 fertig gestellt.

3.2.10.7 Werkleitungen

Im Projektperimeter führen verschiedene Leitungstrassees entlang der Muota oder queren diese. Die bestehenden Werkleitungen sind in den technischen Situationsplänen (Planbeilagen 2.03 – 2.05) sowie im Werkleitungsplan (Planbeilage 2.06) dargestellt. Namentlich sind folgende Leitungsarten im Projektperimeter vorhanden und potenziell durch bauliche Massnahmen betroffen:

- Fernwärmeleitung
- Leitungen der Swisscom
- Trinkwasserleitungen
- Meteorwasser- und Entwässerungsleitungen (Entlastungsleitungen)
- Evt. Drainageleitungen
- Mischwasser- und Abwasserleitungen
- Unterirdische Elektroleitungen
- Oberirdische Elektroleitungen (Freileitungen) und Leitungsmasten

- Fernwirkkabel

3.2.11 Bestehende Gefahrensituation

Die Gefahrenkarte Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord [26] weist im Bereich des KW Brunnen die Gefahr von Überschwemmungen, vorwiegend auf der rechten Uferseite aus (Abbildung 22). 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 Grundwasseraufstösse auch ohne direkten Anschluss an das Muotagerinne möglich [26].

Im Ist-Zustand liegt entlang der Fliessstrecke der Seeweren durchgehend ein Hochwasserschutzdefizit vor. HQ_{30} (26 m^3/s, vgl. Tabelle 2) kann auch mit freiem Abfluss (ohne Rückstau durch die Muota) nicht innerhalb des Gerinnes abgeführt werden. Es kommt beidseitig des Gerinnes zu Ausuferungen. Diverse Brücken werden eingestaut und verstärken die Austritte in das Umland sowie die angrenzenden Industrie- und Gewerbegebiete. Das Umland der Seeweren liegt heute im gelben und blauen Gefahrenbereich. Besonders betroffen ist dabei das Gewerbegebiet Unterseewen und das Wintersried.

Sollten sowohl Seeweren als auch Muota Hochwasser führen, können die erhöhten Wasserspiegel in der Muota zu einem Rückstau in die Seeweren führen. Beim Hochwasser im August 2005 reichte dieser Rückstau bis zum Restaurant Bauernhof, wobei die Grenze zwischen der Beeinflussung durch den Rückstau der Muota und den Überflutungen aufgrund der zu geringen Gerinnekapazität der Seeweren nur geschätzt werden kann (vgl. Abbildung 24).

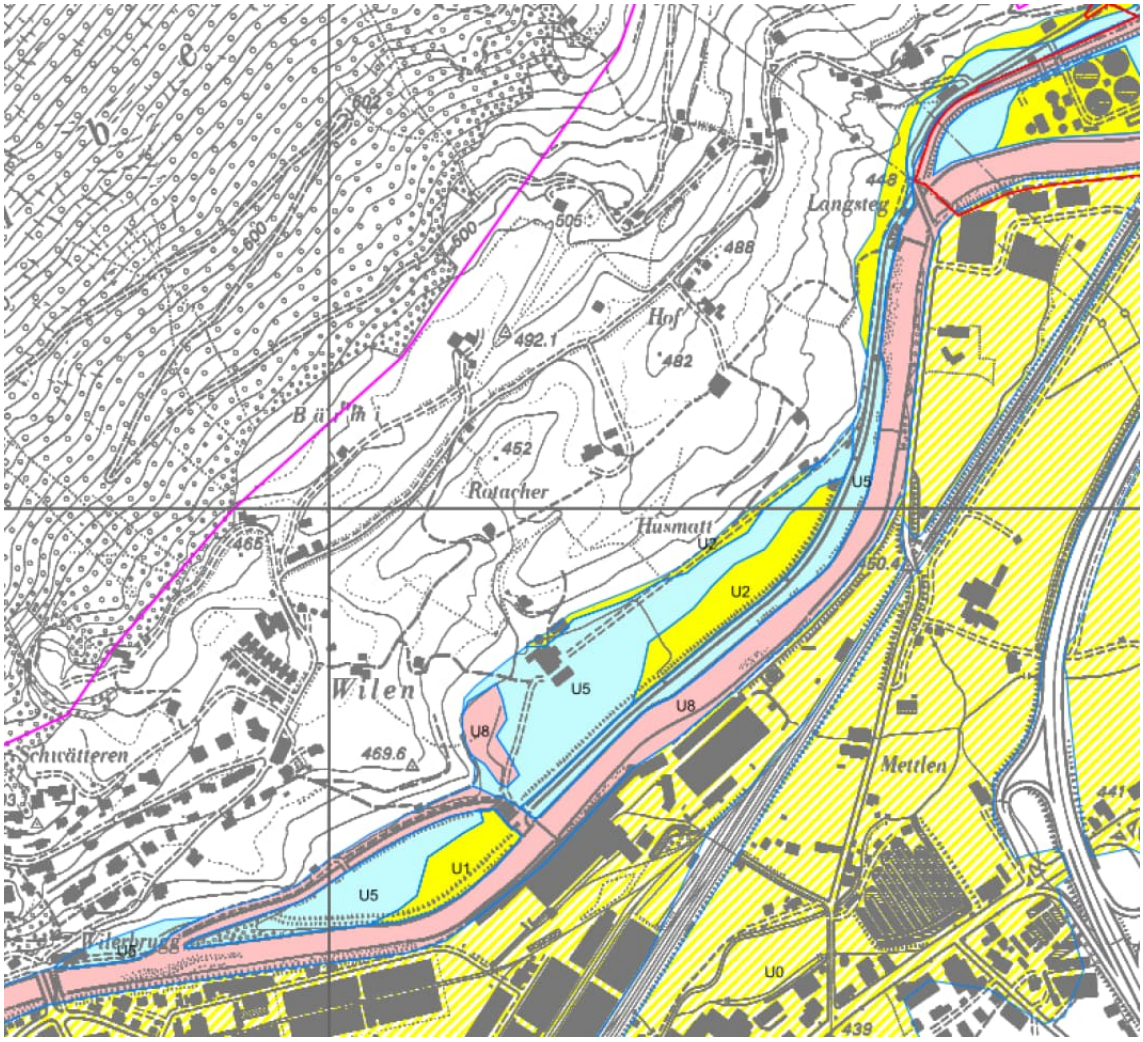


Abbildung 22: Ausschnitt Gefahrenkarte Wassergefahren. Quelle: Geotest AG / beffa tognaca gmbh (2008)

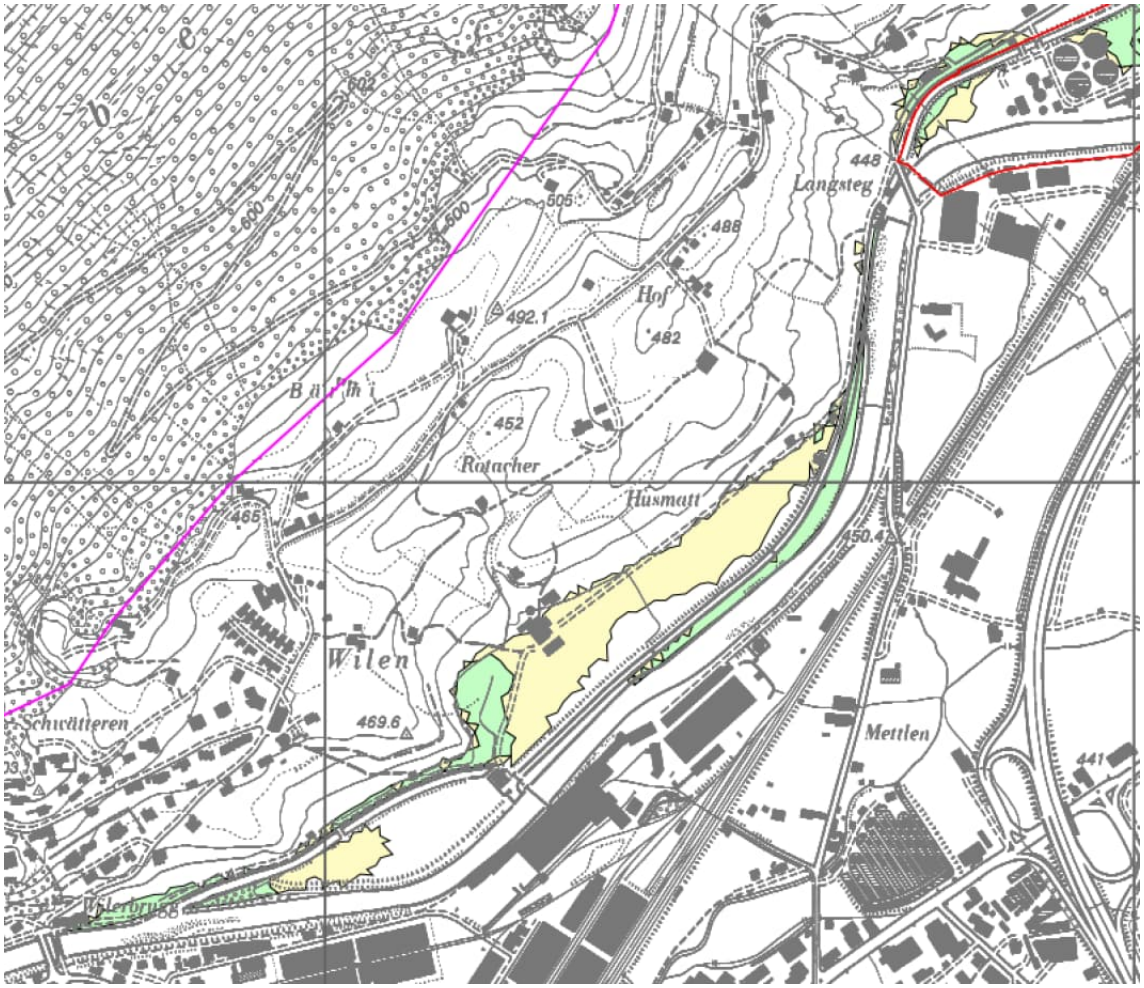


Abbildung 23: Intensitätskarte HQ100, IST-Zustand. Quelle: Geotest AG / beffa tognaca gmbh (2008)

3.2.12 Historische Ereignisse

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 Langesteg bis zum See verzeichnet. Die Leitwerke wurden dabei stellenweise überströmt, hielten der Belastung des Hochwassers aber stand (keine Dammbrüche). 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 1999 (277 m³/s) und Oktober 2010 (275 m³/s) gemessen.

Abbildung 24: 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 25: Ausschnitt Ereigniskataster StoreMe, Hochwasserereignis Muota vom 23. Aug. 2005

Abbildung 26: 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 m^3/s, der Mittelwasserabfluss MQ liegt bei 16.74 m^3/s und der mittlere jährliche Hochwasserabfluss bei 147.34 m^3/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 m^3/s und der Mittelwasserabfluss MQ liegt bei 19.1 m^3/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.

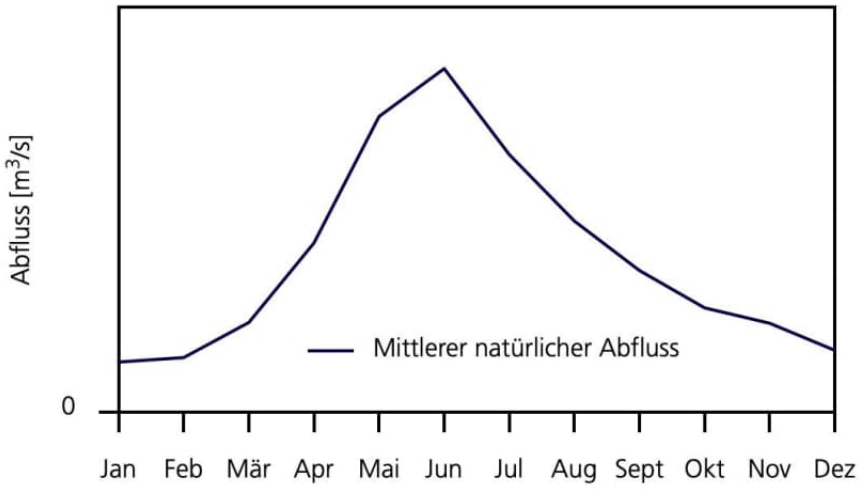
Muota - Ingenbohl

Kennwerte [m^3/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 [m^3/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 m^3/a, nach der Einmündung von ca. 12'500 m^3/a auf [7] (vgl. Abbildung 2).

Neben dem Geschiebe spielt Schwemmholz 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.

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 Hartholzaue und Weichholzaue 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 Flussuferröhricht 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]. Beispielhaft 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 (*f.lacustris*)	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	Epitheca bimaculata	Zweifleck	CR
Libellen	Leucorrhinia albifrons	Oestliche Moosjungfer	CR
Libellen	Sympecma 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 Geschiebehaushalt 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 Gewässerkorrektionen, 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 Abflussdynamik

Die Abflussdynamik 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 Auenwald 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 Ausprägung der Gerinnestruktur und der Uferbereiche im Referenzzustand (s.o.) jedoch naturnah, 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 Flussverlauf abzüglich der Effekte der heutigen Verbauungsmassnahmen ausgegangen werden. Summarisch kann daher für den Referenzzustand mit geringfügig erhöhten Grundwasserständen entlang der Muota bei ansonsten praktisch identischen Fliessmustern gerechnet 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 Vergleichsgewässer 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 potenziell 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 m^3/a.

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 Sukzessionstadium 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 Geschiebehaushalts 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. Rotauge, 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 Gewerbezonen
- 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 Langesteg 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 Langesteg wird aufgrund der Tatsache, dass Sie am Ende ihrer Lebensdauer ist und in absehbarer Zeit durch ein Drittprojekt ersetzt wird, der Restriktionsklasse 2 (statt 3) zugeteilt. Ebenso wird der Steg Husmatt der Restriktionsklasse 2 zugeordnet.

Beide Brücken können in ihrer jetzigen Form in Frage gestellt werden. Sie können zwar nicht ersatzlos gestrichen oder in ihrer Lage gänzlich verschoben, aber neu gedacht und konzipiert werden. Bei der Brücke Langesteg kann bei der Planung des sowieso anstehenden Ersatzneubaus auf zukünftig revitalisierte Gegebenheiten Rücksicht genommen werden. Beim Steg Husmatt ist eine Interessens- und Verhältnismässigkeitsabwägung für oder gegen einen Ersatzneubau vorzunehmen.

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 Amts für Gewässer, Abteilung Wasserbau festgelegt:

- Schutzziel linksufrig: Wasserspiegellage HQ_{300} + Freibord (F), mit F = 0.5 - 0.8 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} + Freibord
Gewerbe-/ Industriegebiet	Komplettschutz bis HQ_{30} Ab HQ_{100} max. schwache Intensität	HQ_{300} + Freibord
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 HQ_{30} 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 HQ_{30} und HQ_{100} sind grundsätzlich Überschwemmungen mit schwacher Intensität und bei HQ_{300} 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 HQ_{100} + 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 möglichst zu entschärfen.

4.2.4 Hochwasserschutz Seeweren

Zusätzlich zum vorhandenen Hochwasserschutzdefizit an der Seeweren (aufgrund der zu geringen Abflusskapazität des Gerinnes, vgl. Kapitel 3.2.11) kann ein Rückstau durch die Muota im aktuellen Zustand die Situation verschlechtern und zu Ausuferungen im Umland der Seeweren führen.

Diese grundlegende Problematik kann im Rahmen des Revitalisierungsprojekts nicht gelöst werden. Die Lösung hierfür liegt grösstenteils ausserhalb des Projektperimeters. Es ist jedoch sicherzustellen, dass die Situation bei Hochwasserereignissen nicht verschlechtert wird.

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 m^3/a angestrebt werden (vgl. Kapitel 3.2.2, Abbildung 2) 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 ingenieursbiologischen Massnahmen gearbeitet werden. Erlauben es die Schutzgüter sind Interventionslinien zu definieren, statt die Ufer zu fixieren. Die Sohlpflästerung 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 Weichholzauen 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. Gleichzeit sollen grosse schattenspendende 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 Weichholzauen (EN) etablieren können, und möglicherweise stellenweise Flussuferröhricht. 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 Naherholung[2] 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 schaffen für einen Ersatzneubau oder den Erhalt des Steges Husmatt
- 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:

- **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.

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

5 MASSNAHMENPLANUNG

5.1 Variantenstudium Wasserbau

5.1.1 Varianten Einmündung Seeweren, Vorprojekt

Im Rahmen des Variantenstudiums wurden im Vorprojekt 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 von der Lage her in etwa an der heutigen Stelle unter der Brücke Langesteg. 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 Rückstaueffekt) 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.

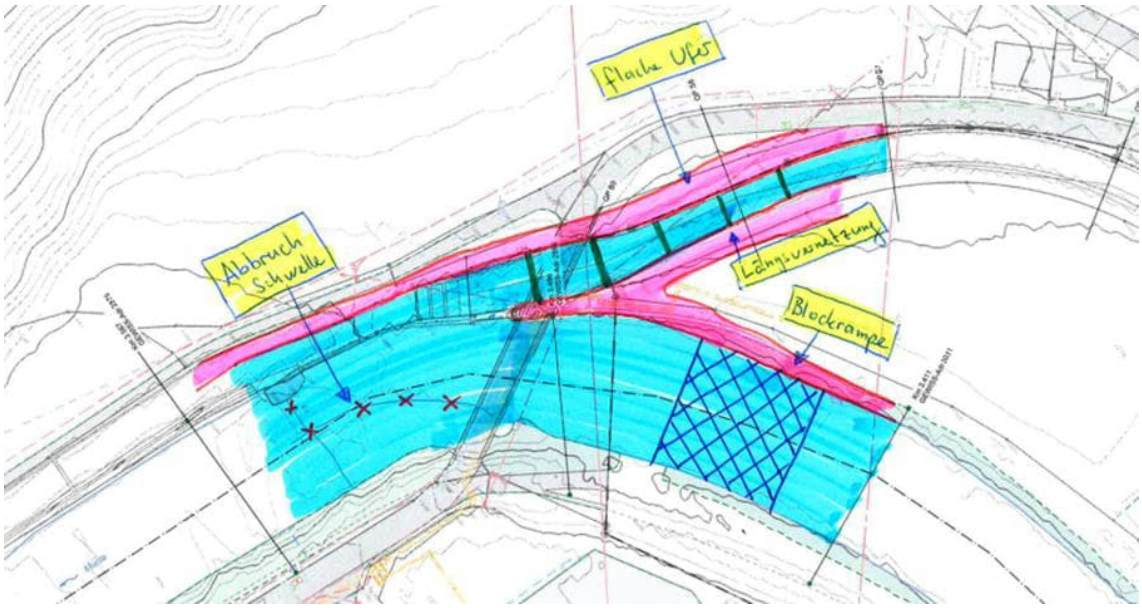


Abbildung 27: Skizze aus dem Variantenstudium. Variante S1, hydraulisch optimierte Seewerenmündung

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 C2 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 HQ_2 sehr flach angelegt. So soll zwischen den Gewässern die Möglichkeit für die Entstehung einer Weichholzaue geschaffen werden. Die Ufer werden flächendeckend bestockt.

Die Variante C2 wurde im Rahmen der Projektgruppensitzung[3] vom 05.04.2023 als weiterzuverfolgende Bestvariante für die Einmündung der Seeweren festgelegt. Im Rahmen der weiteren Planung wurde die Variante dann zunehmend verfeinert (vgl. Abbildung 29).

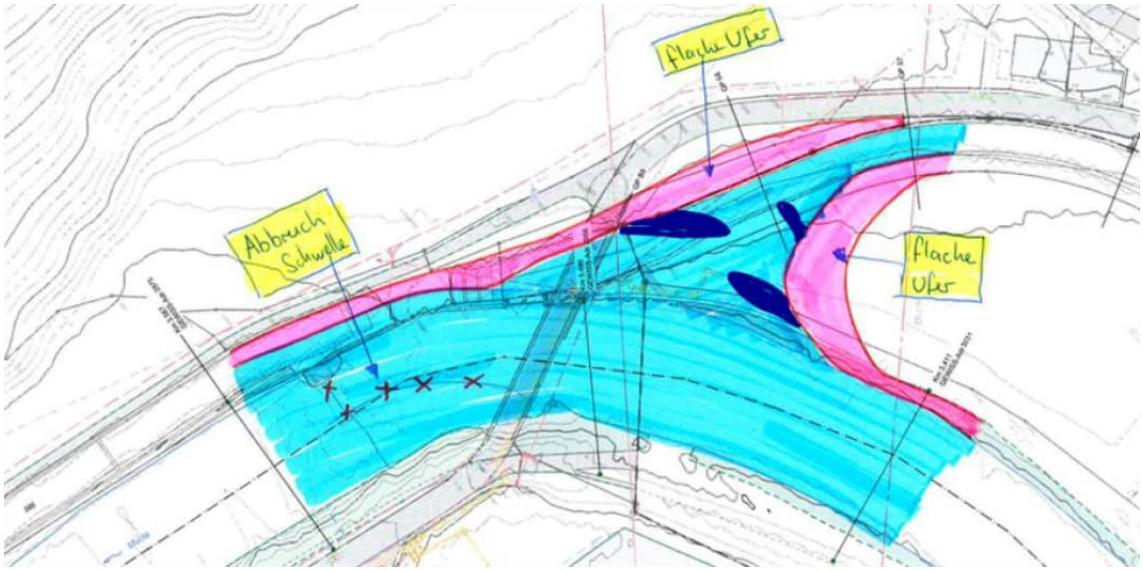


Abbildung 28: Skizze aus dem Variantenstudium. Variante C2, lokale Aufweitung der Seewerenmündung

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

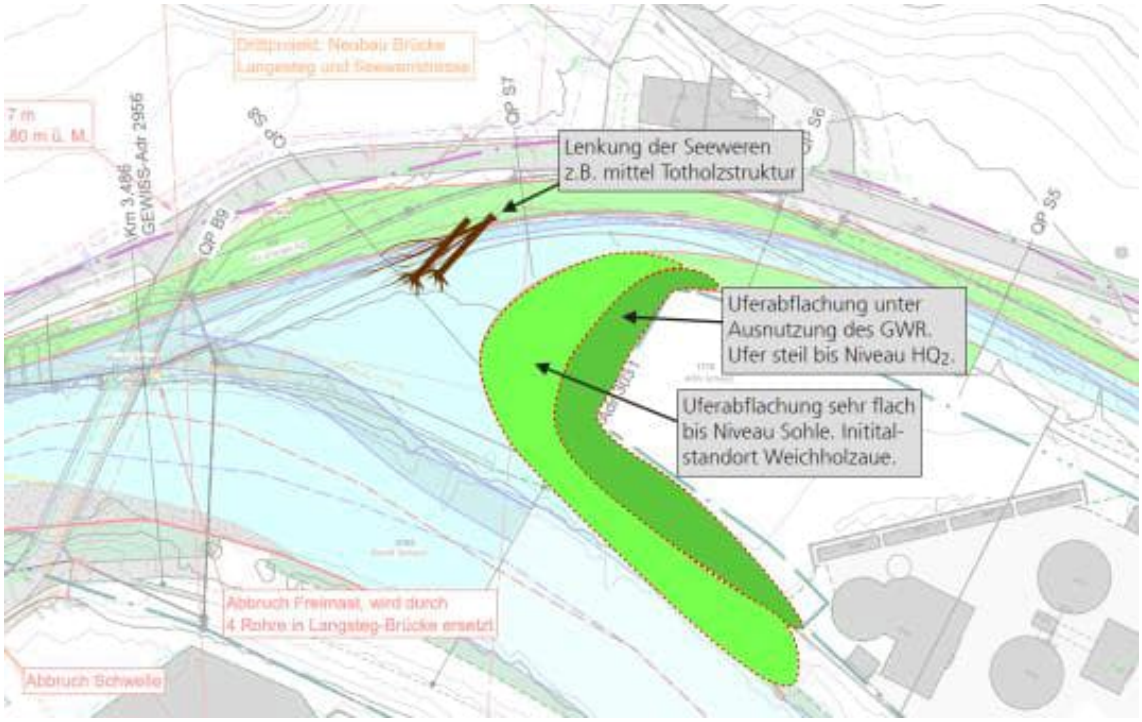


Abbildung 29: Weiterentwickelte Variante C2 im Vorprojekt im Rahmen der Begehung vom 18.07.2023 mit der Abteilung Fischerei, Amt für Gewässer Kt. Schwyz

5.1.2 Varianten im Bereich Seitenarm / Altarm, Vorprojekt

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.

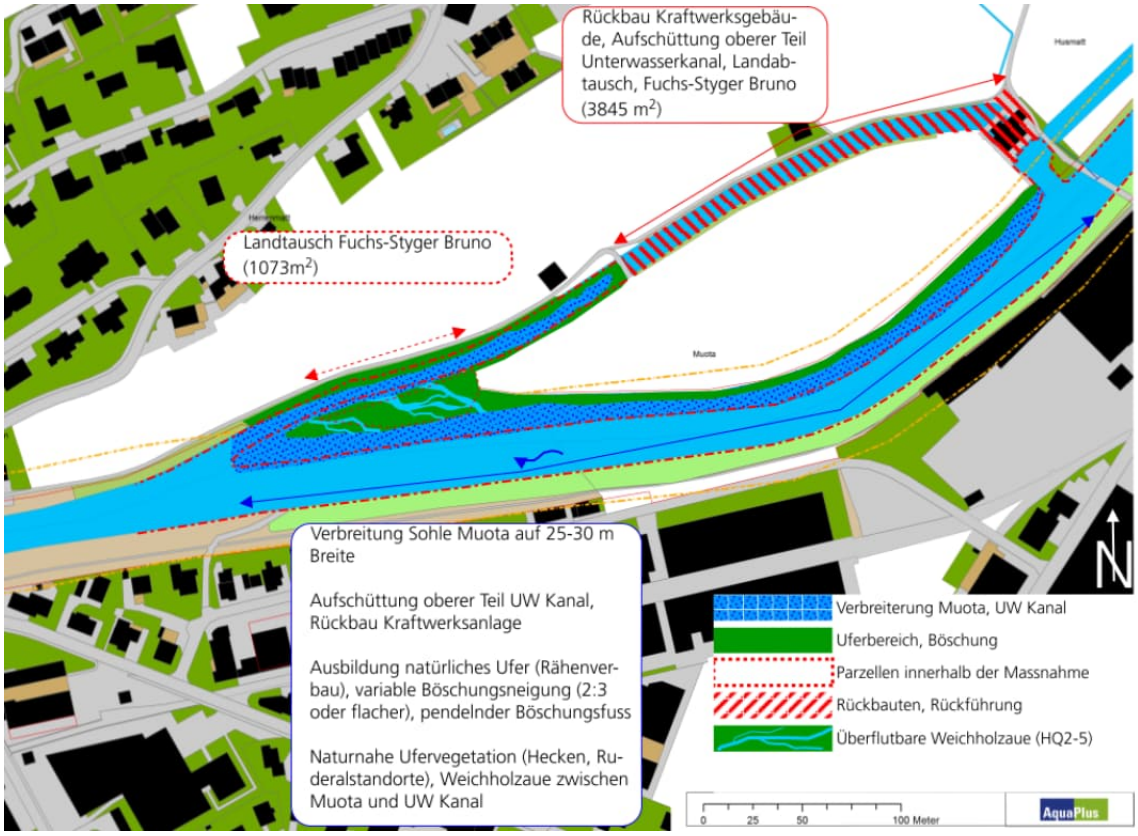


Abbildung 30: Skizze Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen, Neukonzessionierung Muotakraftwerke [41]

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, nur periodisch überfluteten Auenwald (Ursprungsvariante)
- Variante A2: Variante Wässerwiesen
- Variante A3: Variante Auenlandschaft

In einem zweiten Schritt wurden im Rahmen des Vorprojekts noch die folgenden, weiteren Varianten untersucht:

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

Im Rahmen des Bauprojekts wurde das Variantenstudium weiter verfeinert und ausgewählte Varianten und Variantenkombinationen aus dem Vorprojekt erneut untersucht und beurteilt (vgl. Kap. 5.1.3).

Variante A1: Variante Altarm mit abgesenkter Auenwaldinsel

Die Variante A1 entspricht der Ursprungsvariante gemäss dem UVB / SNP Muotakraftwerke - Ersatzbedarf und Ausgleichsmassnahmen [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 HQ_2) 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

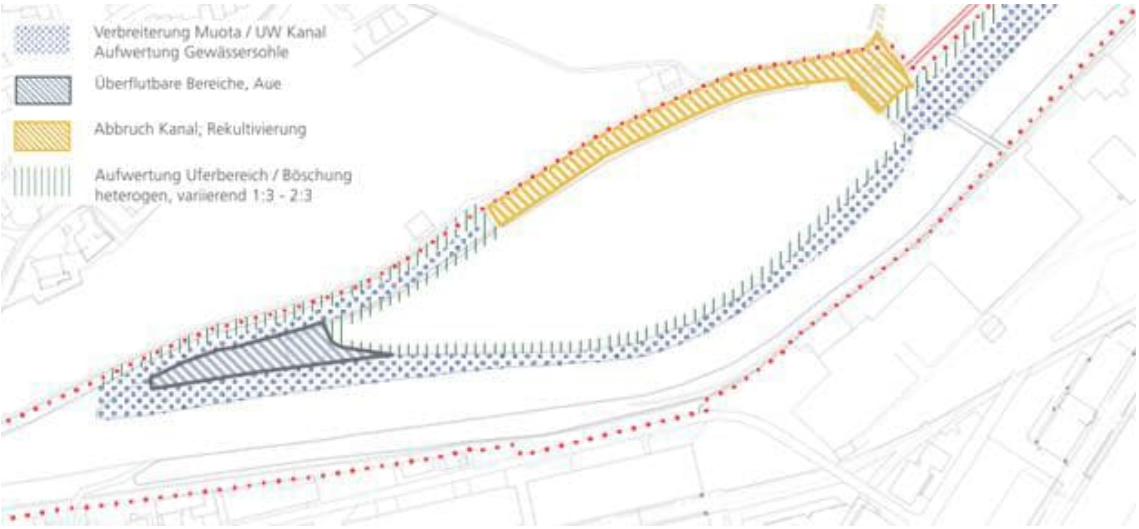


Abbildung 31: Skizze aus dem Variantenstudium, Variante A1 Altarm

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.

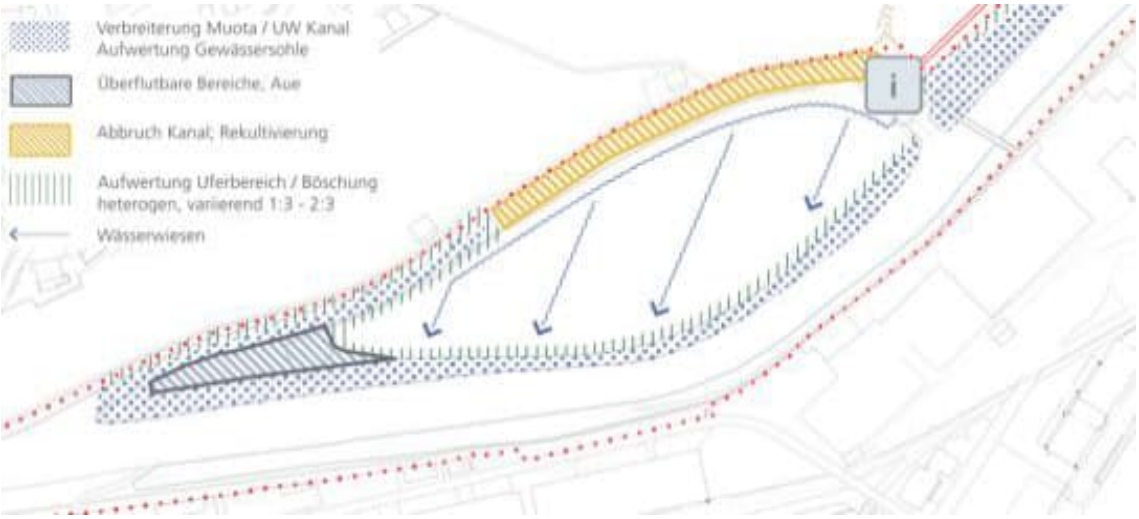


Abbildung 32: Skizze aus dem Variantenstudium, Variante A2 Wässerwiesen

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.

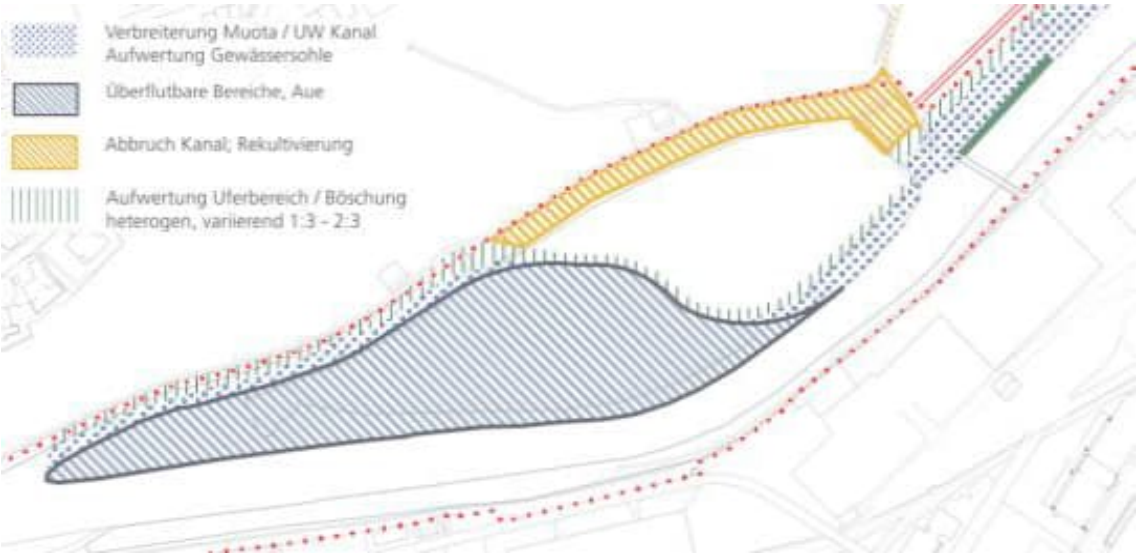


Abbildung 33: Skizze aus dem Variantenstudium, Variante A3 Auenlandschaft

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 32 vorgesehen, ist durch die Teilzuschüttung des UW-Kanals technisch nicht realisierbar.
- 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 Naturwerte (Wald) würden gänzlich entfernt

Abbildung 34: Skizze aus Variantenstudium Vorprojekt, Variante A4 lokale Aufweitung bis auf Niveau Sohle

Variante A5: Aufweitung mit periodisch überflutetem Auenbereich und eigendynamischer Insel

Im Bereich des Zusammenflusses vom heutigen Unterwasserkanal und der 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 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 HQ_1-HQ_2 (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.

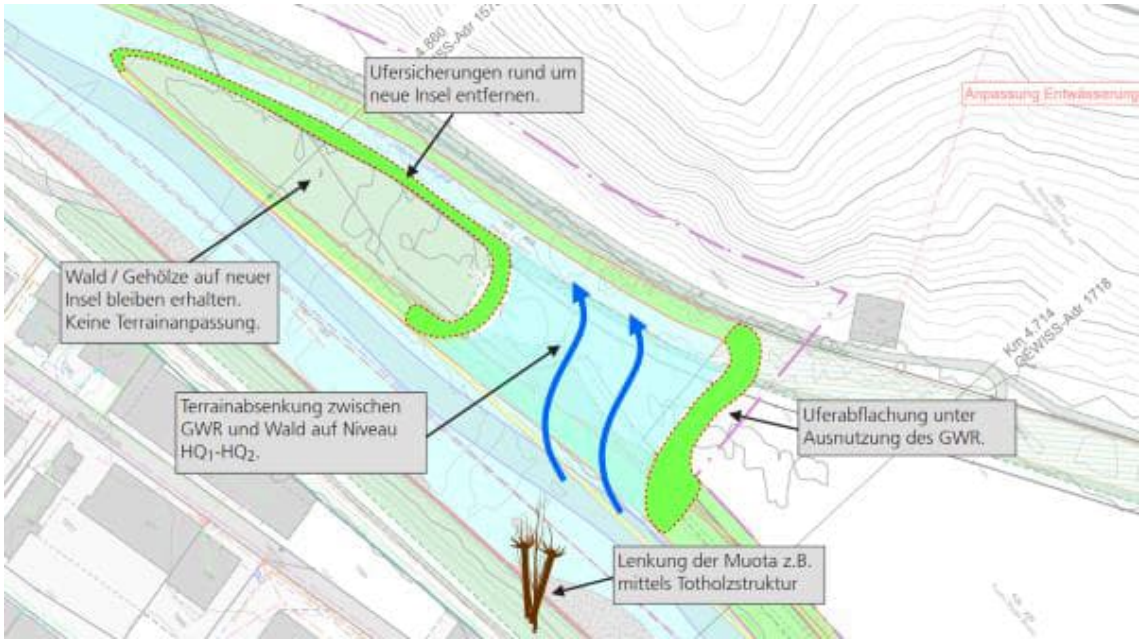


Abbildung 35: Variante A5, entwickelt im Rahmen der Begehung vom 18.07.2023 mit der Abteilung Fischerei, Amt für Gewässer Kt. Schwyz

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 36)
- Mit der Variante kann ein Teil der Waldvegetation (bestehende 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 36: Historische Situation um 1894, gemäss dem Geoportal des Bundes (map.geo.admin.ch)

5.1.3 Weiterentwicklung des Variantenstudiums im Bereich Altarm im Bauprojekt

Aufgrund der vom Bundesamt für Umwelt im Rahmen der Vorprüfung des Vorprojekts geforderten Überprüfung der Variantenwahl im Bereich des Altarms wurde die gewählte Variante im Rahmen des Bauprojekts anhand der Erkenntnisse aus der Vegetationskartierung sowie mithilfe des 2D-Geschiebemodells weiterentwickelt bzw. einem verfeinerten Variantenstudium unterzogen. Konkret wurden die Absenkung der Halbinsel zur Schaffung einer Weichholzaue sowie die Aufweitung des Hauptgerinnes erneut untersucht und beurteilt.

Die Vegetationskartierung hat gezeigt, dass der bestehende Wald auf der Halbinsel kaum Arten enthält, welche für eine Auenlandschaft typisch sind. Bei einer kompletten Rodung der Insel z.B. zugunsten der Absenkung der kompletten Halbinsel (Variante A1) würden deshalb, entgegen der Annahme im Vorprojekt, keine auentypischen Vegetationen und wertvollen Naturwerte verloren gehen.

Absenkung der gesamten Halbinsel, Weichholzaue

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Vegetationskartierung wurde die Variante A1 mit einer Absenkung der gesamten Halbinsel erneut geprüft. Um ideale Bedingungen für das Aufkommen einer Weichholzaue zu schaffen, müsste die Fläche während rund einem Drittel des Jahres überflutet werden und somit das Terrain um ca. drei Meter abgesenkt werden. Diese Geometrie wurde in der Folge in das 2D-Geschiebemodell eingebaut und einer Langzeitsimulation unterzogen. Mit der Langzeitsimulation des Geschiebetransports wurde untersucht, wie sich die Sohlenlage und der Wasserspiegel im Bereich des Altarms über die Jahre verhält. Es zeigte sich, dass eine Terrainabsenkungen in diesem Bereich nur von kurzer Dauer ist. Aufgrund der Lage (Kurveninnenseite) und des für die Aufweitung zur Verfügung stehenden Raums, wird in diesem Bereich viel Geschiebe

abgelagert. Dadurch entsteht eine Kiesbank mit einem Niveau, welches deutlich über der erforderlichen Kote für eine Weichholzaue liegt. Die Lage der Kiesbank entspricht in etwa der Geometrie der heutigen Halbinsel. Als Fazit ist festzuhalten, dass mit einer starken, maschinellen Absenkung der gesamten Halbinsel der Lebensraum Weichholzaue nicht nachhaltig initiiert werden kann.

Teilweise Aufweitung der Muota

In weiteren numerischen 2D-Modellen wurde untersucht, ob mit grossen Strukturelementen im Gerinne und Lenkbuhnen am linken Ufer eine lokale Aufweitung des Gerinnes auf die rechte Seite zu den gewünschten morphologischen Strukturen und Ziellebensräumen führt. Gleichzeitig wurde eine Teilabsenkung der Halbinsel analog der Bestvariante aus dem Vorprojekt in die Modelle eingebaut, so dass der Altarm regelmässig von oben durchströmt wird. Die Resultate zeigten, dass mit einer durchgehenden, lokalen Aufweitung, trotz dem vorgesehenen Einbau von grossen Strukturelementen, nicht die gewünschte Dynamik ermöglicht werden kann.

Bestvariante Bauprojekt

Die letzlich gewählte Bestvariante ist eine Kombination verschiedener Varianten. Sie ist auf den Projektplänen abgebildet. Eine Lenkbuhne am linken Ufer soll die Strömung gegen rechts lenken. Auf der rechten Seite wird die Ufersicherung entfernt und das bestehende Gerinne leicht um bis zu 9 m verbreitert. Die obersten ca. 50 m der Halbinsel zwischen der Muota und dem Altarm werden auf ein Niveau abgesenkt, welches ca. 50 Tage im Jahr überflutet wird. Ein Teil des entstehenden Aushubs wird verwendet, um am linken Ufer, im Strömungsschatten der Buhne, eine Kiesbank zu schütten. Am Rand der Kiesbank sorgen Pfahlreihen für mehr Dynamik. Die neue Kurvensituation und die fehlende Ufersicherung am rechten Ufer führen dazu, dass eigendynamische Uferanrisse und Kolke entstehen können.

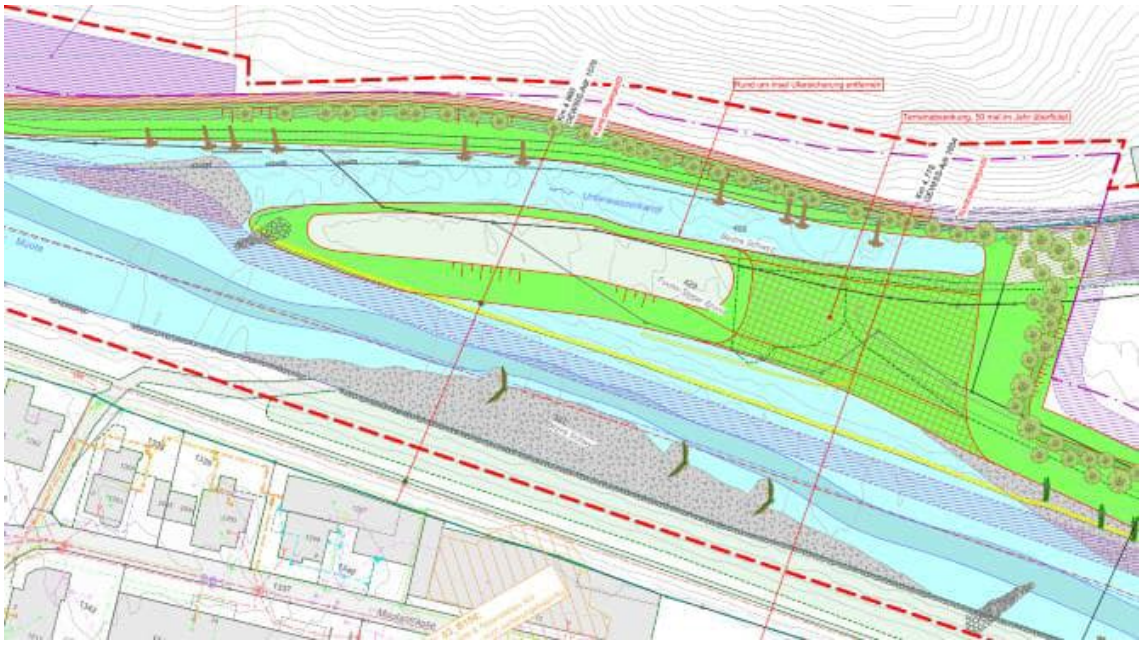


Abbildung 37: Bestvariante Bauprojekt

5.1.4 Varianten im Gerinne der Muota

Für den Teilabschnitt zwischen der Brücke Langensteg und dem Kraftwerksgebäude des KW Brunnen wurden im Rahmen des Variantenstudiums des Vorprojekts 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 38).

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 39).

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

Abbildung 39: Skizze Variante B2, Gerinneaufweitung mit differenziertem Landerwerb

Maximierung Gerinnesohlenbreite

Weiter wurde diskutiert, ob die Gerinnesohlenbreite maximiert werden soll, indem 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

Im Rahmen des Revitalisierungsprojekts wurden zur Ermittlung der Wasserspiegellagen im Projektzustand sowie zur Prognose der Sohlentwicklung hydronumerische 2D-Simulationen mit dem Modell „HydroAS“ sowie dessen Erweiterung zur Simulation des Feststofftransports „HydroAS FT“ durchgeführt.

5.2.1 Modellaufbau und -perimeter

In Vor- sowie Bauprojekt wurde der Projektzustand im numerischen 2D-Modell untersucht. Der Ist-Zustand wurde nicht flächig nachgebildet. Folgende Daten bildeten die Grundlage für Aufbau und Betrieb des numerischen Modells:

- Querprofile Muota und Seeweren gemäss Bauprojekt im Projektperimeter (Gewiss-Adr. 3143 bis 1576)
- BAFU-Querprofile Vermessungskampagne an der Muota 2015
- Querprofile Seeweren, Stand 2023
- Brückenquerprofile BAFU bzw. Projektgrundlagen des geplanten Neubaus der Langenstegbrücke (Drittprojekt)
- Terrainmodell swissALTI3D (swisstopo), Stand 2019

Zwischen GEWISS-km 1.445 und GEWISS 3.143 wurde das Gerinne der Muota gemäss der Projektpläne nachgebildet. Ober- und unterstrom bildete die BAFU-Vermessung der Muota von 2015 die Grundlage (Abbildung 40). Die Einmündung der Seeweren sowie relevante Bereiche des Umlands wurden in das Modell integriert.

Der Perimeter des numerischen Modells wurde gegenüber dem Projektperimeter sowohl unter- als auch oberstrom um je rund 400 m verlängert. Auf diese Weise erfolgte keine Beeinflussung der Simulationsergebnisse durch die ober- sowie unterstromigen Randbedingungen des Modells. Ausserdem ermöglichte die Verlängerung des Modellperimeters die Nachbildung des Bereichs rund um die Wylerbrücke gemäss Ist-Zustand und somit die hydraulische Plausibilisierung des Modells auf der Basis von Hochwasserspuren des Ereignisses im August 2005 (vgl. Kapitel 5.2.2).

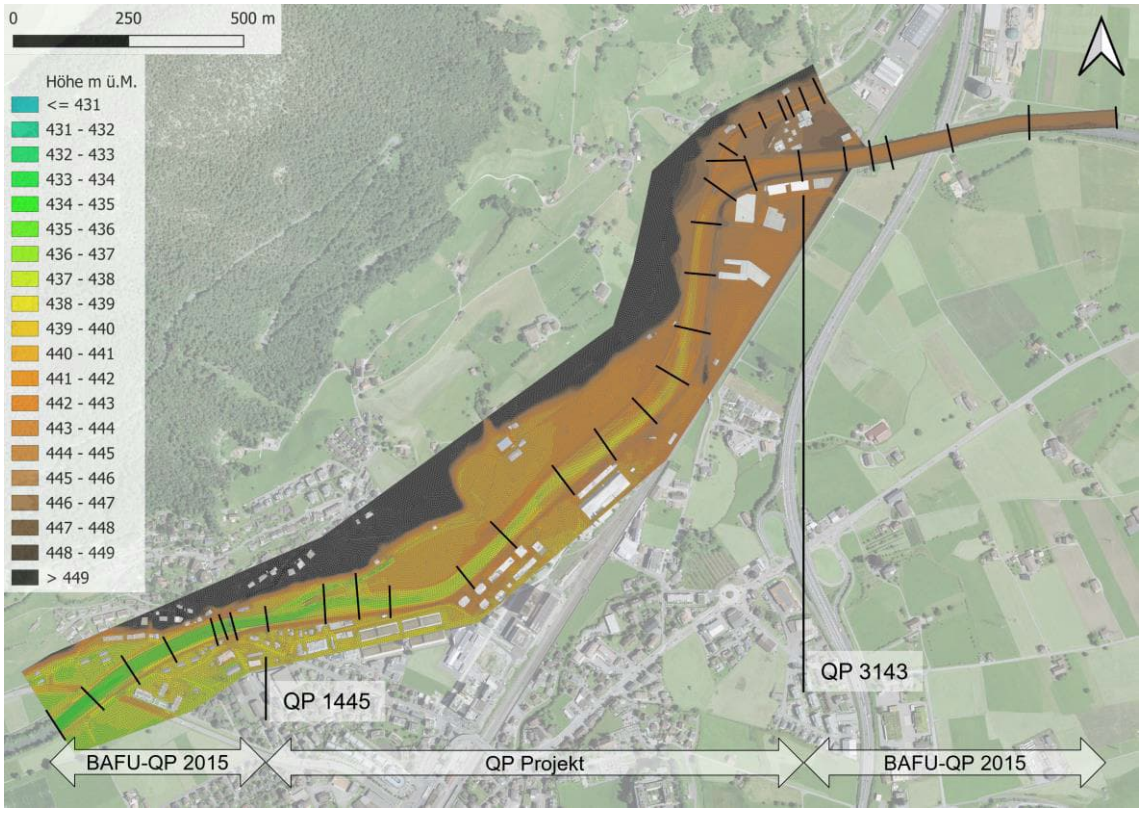


Abbildung 40: Modellperimeter Muota und Seeweren im 2D-Modell sowie Darstellung der verwendeten Querprofildaten

5.2.2 Hydraulische Plausibilisierung

Für die Plausibilisierung der im 2D-Modell ermittelten Wasserspiegellagen wurde auf eingemessene Hochwasserspuren des Ereignisses vom 22./23. August 2005 zurückgegriffen. Gemäss der BAFU-Abflussmessstation Ingenbohl betrug der Spitzenabfluss 433 m^3/s, dies entspricht dem bisher höchsten an dieser Station gemessenen Abfluss und einer Wiederkehrperiode von >150 Jahren.

Die Hochwasserspuren wurden im Bereich der historischen Wylerbrücke, ca. zwischen Gewiss-Adr. 1883 und 1132, aufgenommen (vgl. Abbildung 43). Beim Hochwasserereignis 2005 kam es zu einer Teilverklausung der historischen Wylerbrücke mit Schwemmholz. Im Nachgang erfolgten Modellversuche der EPFL (LCH) zur Ermittlung der Verklausungsgefahr [42]. Im entsprechenden Bericht wird aufgezeigt, dass mit einer Erhöhung der Brücke um einen Meter, welche schliesslich im Jahr 2007 umgesetzt wurde, die Verklausungsgefahr zwar verringert wird, bei seltenen Hochwasserereignissen jedoch weiterhin besteht.

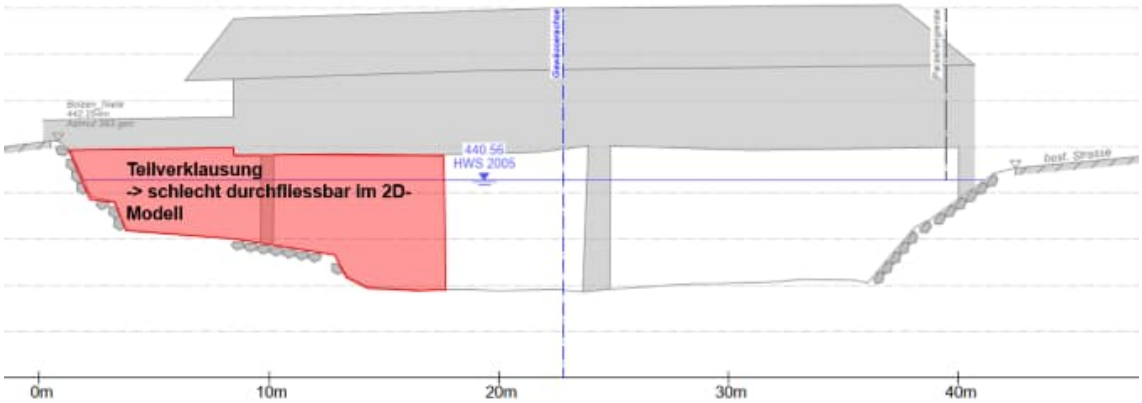


Abbildung 41: Schematische Darstellung der Nachbildung der Teilverklausung im 2D-Modell

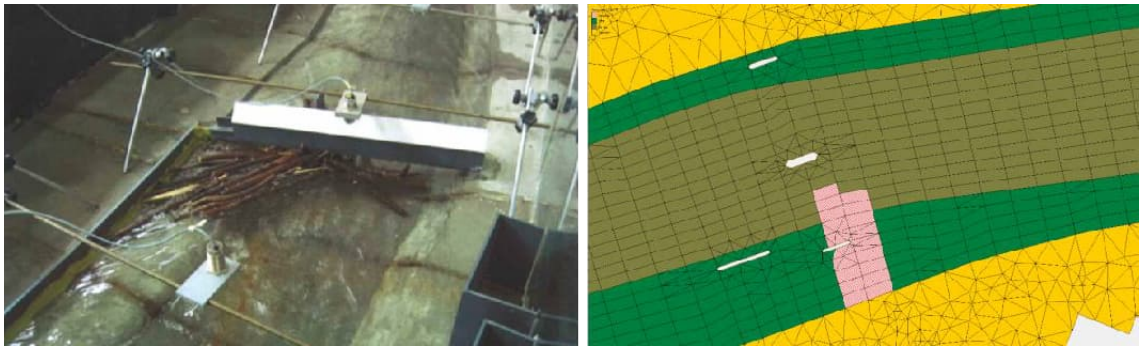


Abbildung 42: links: Teilverklausung bei den physikalischen Modellversuchen am LCH-EPFL bei Abfluss HQ300, bei einer um 1 m angehobenen Brücke; rechts: Abbildung der Teilverklausung im Berechnungsnetz des 2D-Modells

Für die Plausibilisierung des 2D-Modells sowie die folgenden Wasserspiegelberechnungen im Rahmen der Projektierung wurde daher bei Szenarien ≥ HQ30 von einer Teilverklausung der historischen Wylerbrücke ausgegangen. Konkret wurde angenommen, dass rund 2/5 des Durchflussprofils ab dem linken Ufer verklaust sind. Dieser Teil des Durchflussprofils wurde im 2D-Modell mit sehr hohen Rauigkeiten als schlecht durchfliessbare Fläche ausgebildet (vgl. Abbildung 41 und Abbildung 42).

Die Plausibilisierung des Modells erfolgte durch iterative Variationen der Rauheitsbeiwerte nach Strickler, bis die Hochwasserspuren im 2D-Modell in ausreichender Genauigkeit nachgebildet werden konnten (vgl. Abbildung 43). Aufgrund der Teilverklausung an der Wylerbrücke kam es oberstrom der Brücke zu einem Aufstau, folglich liegen die Hochwasserspuren ca. im Bereich der im 2D-Modell ermittelten mittleren Wasserspiegel. Unterstrom der Wylerbrücke herrschte freier Abfluss, entsprechend sind die Hochwasserspuren zwischen den mittleren Wasserspiegeln und der entsprechenden Energielinie verortet.

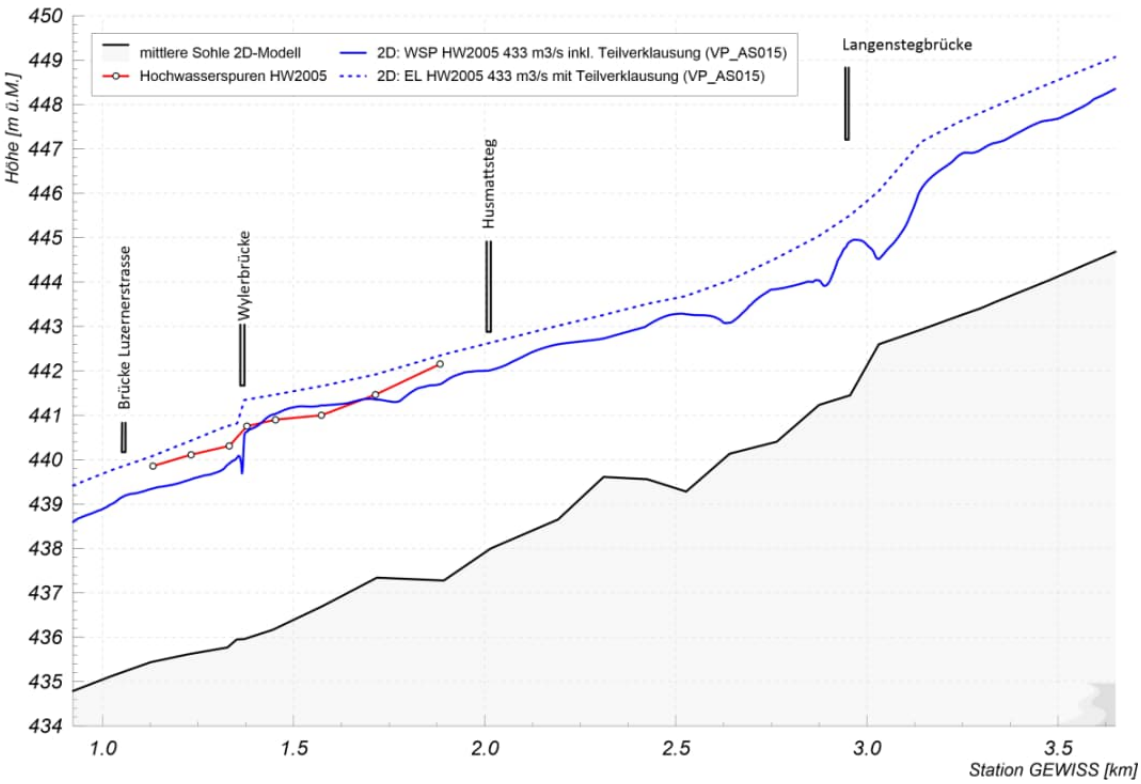


Abbildung 43: Längenprofil der Modellplausibilisierung anhand der Hochwasserspuren von 2005

5.2.3 Grundlagen morphologische Simulationen

In Ergänzung zur Massnahmenstudie „Sanierung Geschiebehaushalt Muota“ der Beffa Tognacca GmbH [7] wurden durch HZP am 03. Mai 2024 jeweils zwei Linienproben an drei Standorten oberstrom des Projektgebiets erhoben:

- Ibach, Kiesbank am rechten Ufer unterstrom Brücke Laimgasse (CH1903+/LV95 2'691'930 / 1'206'830)
- Ibach, Kiesbank am linken Ufer unterstrom Brücke Gotthardstrasse (CH1903+/LV95 2'691'642 / 1'207'393)
- oberstrom Langestegbrücke (CH1903+/LV95 2'689'748, 1'207'375)

Die Kornverteilungen der 6 Linienproben wurden gemittelt und dienten als Grundlage für die Definition des Sohlmaterials sowie des zugebenen Geschiebes im numerischen Modell. Abbildung 44 zeigt eine Gegenüberstellung der durch HZP ermittelten Kornverteilungen mit den Grundlagendaten der Beffa Tognacca GmbH.

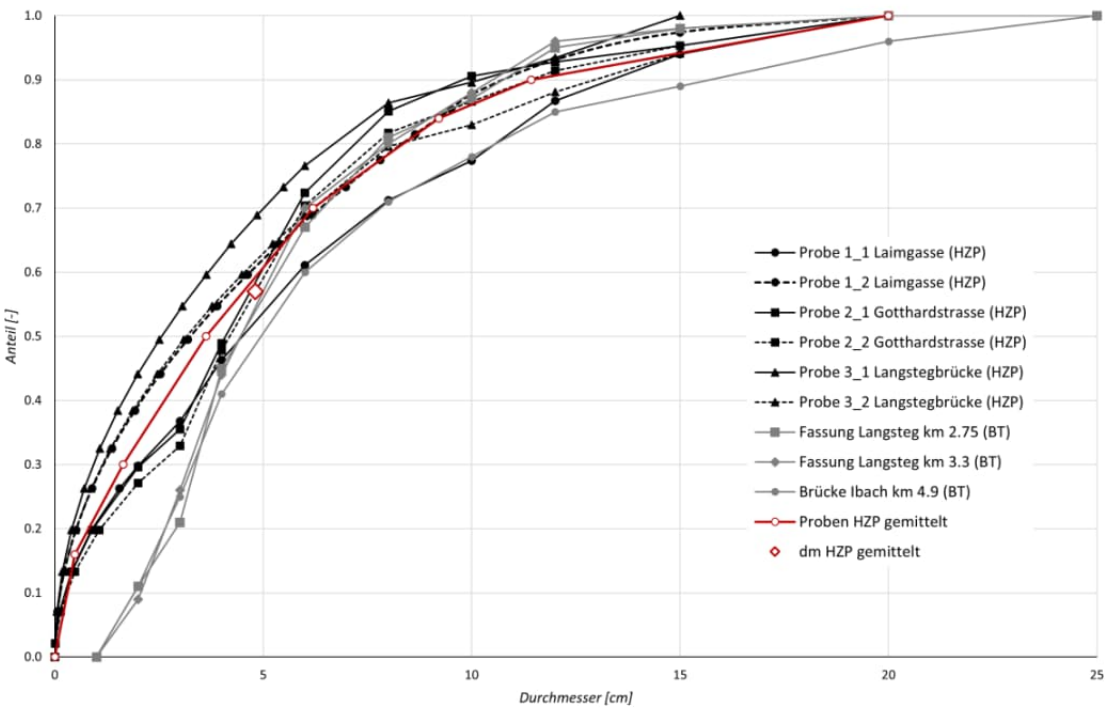


Abbildung 44: Kornverteilungen oberstrom des Projektgebiets; Aufnahme durch HZP (in schwarz) sowie Grundlagendaten der Beffa Tognacca GmbH (in grau) an vergleichbaren Standorten. Die von HZP verwendete gemittelte Kornverteilung sowie der resultierende charakteristische Korndurchmesser dm sind in rot dargestellt.

Die Gegenüberstellung der charakteristischen Korndurchmesser zeigt, dass die Kornverteilung oberstrom des Projektgebiets gemäss HZP etwas feiner ist als in der Grundlagenstudie von Beffa Tognacca angegeben (Tabelle 8).

Tabelle 8: Charakteristische Korndurchmesser dm und d90 gemäss Beffa Tognacca und HZP

	Studie Beffa Tognacca [7], 2018	HZP, 2024
Korndurchmesser dm	7 cm	4.8 cm
Korndurchmesser d90	14 cm	12 cm

Die an der Muota auftretenden jährlichen Geschiebefrachten wurden der Studie zur Sanierung des Geschiebehaushalts von Beffa Tognacca übernommen [7]. Die bilanzierten Geschiebefrachten der Muota auf Höhe der Mündung der Seeweren betragen im Bestand rund 5‘000 m³/a; nach Umsetzung der Geschiebesanierung ist von einem jährlichen Eintrag von rund 9‘000 m³/a auszugehen (vgl. Kapitel 3.2.2, Abbildung 2).

Der Aufbau der Sohle wird im verwendeten numerischen Modell „HydroAS FT“ durch ein Mehrschichtmodell abgebildet. In diesem Ansatz werden der Sohlaufbau, die Entwicklung der Kornverteilung sowie der Geschiebetransport durch eine Grundschicht, eine Unterschicht sowie eine Aktivschicht abgebildet.

Für die morphologischen Simulationen im Revitalisierungsprojekt diente die gemittelte Kornverteilung gemäss der Beprobung durch HZP als Grundlage. Die Kornverteilung wurde im numerischen Modell durch 7 Fraktionen nachgebildet.

5.2.4 Langzeitsimulationen (repräsentative Jahresganglinien)

Für die Überprüfung der mittelfristigen Sohlentwicklung wurden Langsimulationen auf der Basis von historischen Abflussdaten des Pegels Ingenbohl durchgeführt. Auf Basis der 10-min Abflusswerte sowie der Dauerkurven des Pegels wurden jene Jahre ermittelt, welche den Geschiebetransport in Normaljahren im betrachteten Abschnitt der Muota plausibel und repräsentativ abbilden.

Bei der Wahl der zu nutzenden historischen Abflussdaten wurde sichergestellt, dass die jeweiligen Zeiträume resp. Abflüsse repräsentativ sind und nicht hydrologisch stark «trockene» oder übermässig «nasse» Jahre genutzt werden. Auf diese Weise wurde gewährleistet, dass die für morphologische Veränderungen und das Erreichen eines ausgeglichenen Geschiebetransports notwendigen Zeiträume nicht stark über- oder unterschätzt werden.

Basierend auf der Einordnung der jeweiligen Jahre innerhalb der umhüllenden Dauerkurven sowie den mittleren Abflüssen wurden folgende Jahre als repräsentativ definiert:

- 2013
- 2016
- 2019
- 2021

Die Jahresganglinien wurden vor dem Einsatz im 2D-Modell mit einem unteren Abflussgrenzwert beschnitten. Auf diese Weise wurden Abflüsse und Zeiträume, in denen kein oder nur sehr geringer Geschiebetransport stattfindet, aus den Ganglinien entfernt und die Simulationszeiten konnten optimiert werden. Massgebend sind die Grenzwerte für den Geschiebetransportbeginn Q_0 sowie für das Aufbrechen einer allfällig vorhandenen Deckschicht Q_D.

Im Ist-Zustand liegt der Geschiebetransportbeginn Q_0 oberstrom des Projektgebiets bei ca. 60 m^3/s (Annahmen: mittl. Sohlenbreite 25 m, Sohlgefälle 3.4‰, Böschungsneigung 2:3). Die Pegelaufzeichnungen des Pegels Ingenbohl (10-Min-Abflusswerte) der gewählten Jahre wurden mit diesem Abflusswert beschnitten (Abbildung 45).

Die derart ermittelten repräsentativen Jahresganglinien wurden jeweils als zusammenhängender Block à 4 Jahren simuliert.

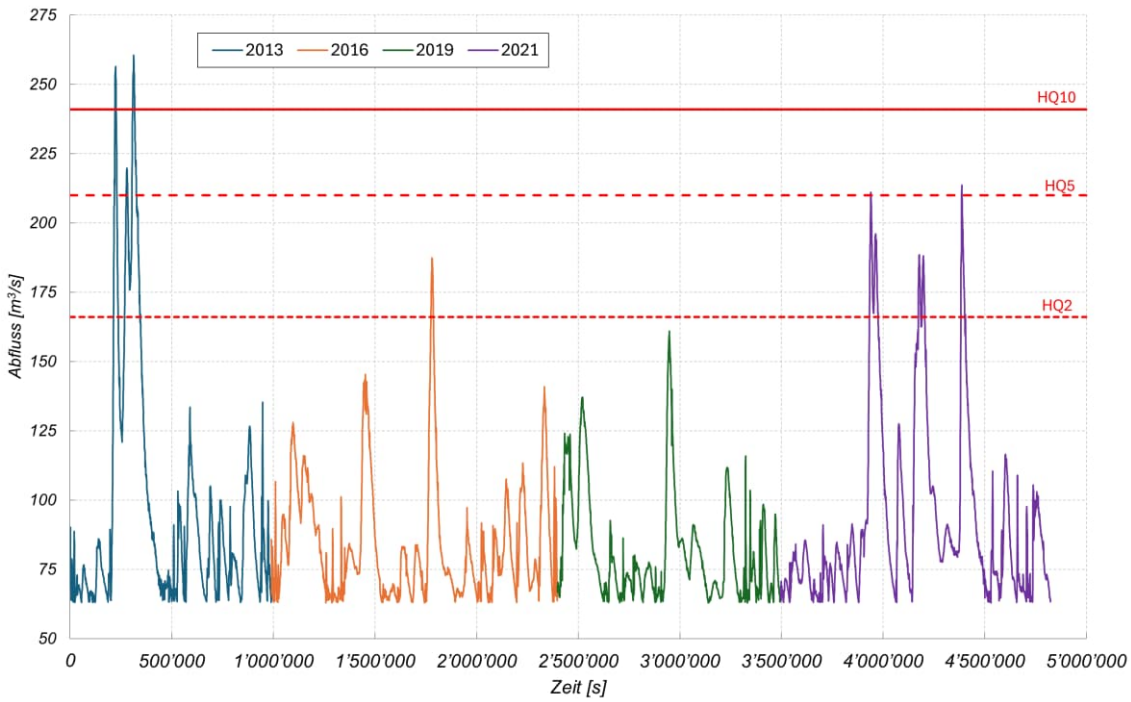


Abbildung 45: Abflussganglinien der repräsentativen Jahre 2013 / 2016 / 2019 / 2021

Der Geschiebeeintrag am oberen Modellrand wurde auf Basis der mittleren jährlichen Einträge im Ist-Zustand (5'000 m³/a, Kapitel 3.2.2) sowie im sanierten Zustand (9'000 m³/a, Kapitel 3.2.2) festgelegt und mittels einer linearen Funktion in Abhängigkeit der Abflusswerte definiert. Als Zielwert galt jeweils der Gesamteintrag über 4 Jahre von 20'000 m³ im Ist-Zustand resp. 36'000 m³ im sanierten Zustand. Aufgrund der unterschiedlichen Abflussganglinien wurde somit nicht in jedem Jahr die gleiche Geschiebemenge zugegeben: in «nasseren» Jahren lag der Eintrag über den mittleren Werten, in «trockenen» Jahren unter den mittleren Werten.

5.3 Projektsohle

5.3.1 Vorprojekt

Im Rahmen des Vorprojekts wurde die Projektsohle anhand von Querprofilbetrachtungen sowie Abschätzungen auf Stufe Normalabfluss unter Berücksichtigung der Abfluss-Dauerlinie der Muota festgelegt. Unter Annahme einer mittleren Gerinnebreite von 37 m wurde ein Gleichgewichtsgefälle von 4.5‰ ermittelt. Dieser Wert entspricht den Untersuchungen von Beffa Tognacca zu Art und Umfang der Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts [7].

Unterstrom des Husmatt-Stegs bei GEWISS 1893 wurde eine Abflachung des Sohlgefälles auf 2.5‰ projektiert, um einen gleichmässigen Übergang zum Bestandsgerinne im Bereich der Wylerbrücke zu gewährleisten. Das mittlere Gefälle oberstrom des Projektgebiets beträgt im Bestand ca. 3.4‰.

Sämtliche hydraulische 2D-Simulationen im Vorprojekt wurden auf Grundlage der mittleren, ebenen Projektsohle durchgeführt. Die Simulationen erfolgten mit fixierter Sohle ohne Berücksichtigung des Feststofftransports.

5.3.2 Bauprojekt

Im Bauprojekt wurde die im Vorprojekt entwickelte Projektsohle durch morphologische Langzeitsimulationen von bis zu 20 Jahren (5-malige Wiederholung der Blöcke mit 4 repräsentativen Jahren gemäss Kapitel 5.2.4) im 2D-Modell überprüft und validiert.

Da in den Ganglinien der Langzeitsimulationen keine Abflussszenarien >HQ_{30} enthalten sind (Abbildung 45) erfolgten die morphologischen Simulationen mit einem reduzierten Berechnungsgitter, welches nur das Gerinne der Muota abbildete.

Den Ausgangspunkt der Simulationen bildete jeweils die ebene mittlere Projektsohle gemäss Vorprojekt. Im Zuge der Langzeitsimulationen wurde der für Flussaufweitungen typische Sohlversatz gebildet und es kam durch laterale Verlagerungen von Sohlmaterial zur Bildung von Kiesbänken sowie korrespondierenden Kolken. Die Simulationsergebnisse geben somit, neben Aussagen zur Entwicklung der mittleren Sohlenlagen und der Sohlstabilität, auch Auskunft über die Lage und Ausdehnung von Kiesbänken sowie die zu erwartenden Bankhöhen und Kolktiefen (Abbildung 46, Abbildung 47). Diese Informationen wurden in den Projektplänen sowie bei der Erstellung der Materialbilanzen berücksichtigt.

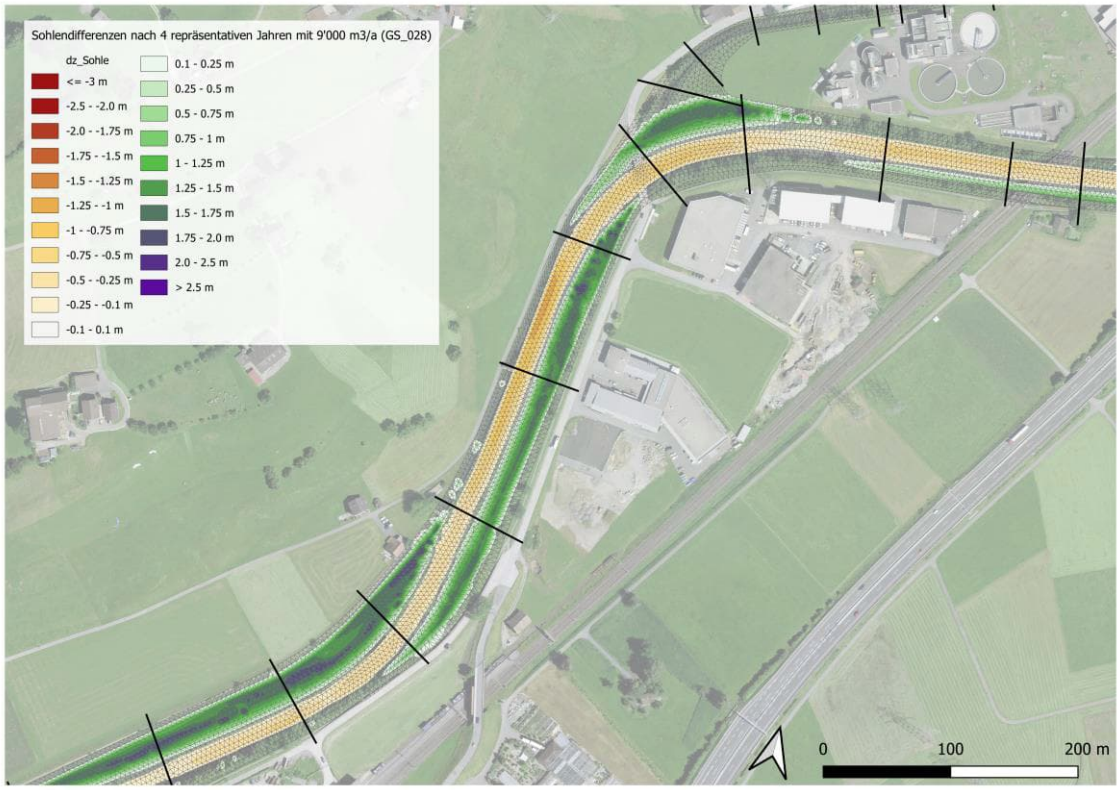


Abbildung 46: Flächendarstellung der Sohlentwicklung nach 4 repräsentativen Jahren mit jährlichem Geschiebeeintrag von 5'000 m3/a (jährliche Fracht Ist-Zustand), oberer Bereich des Projektperimeters

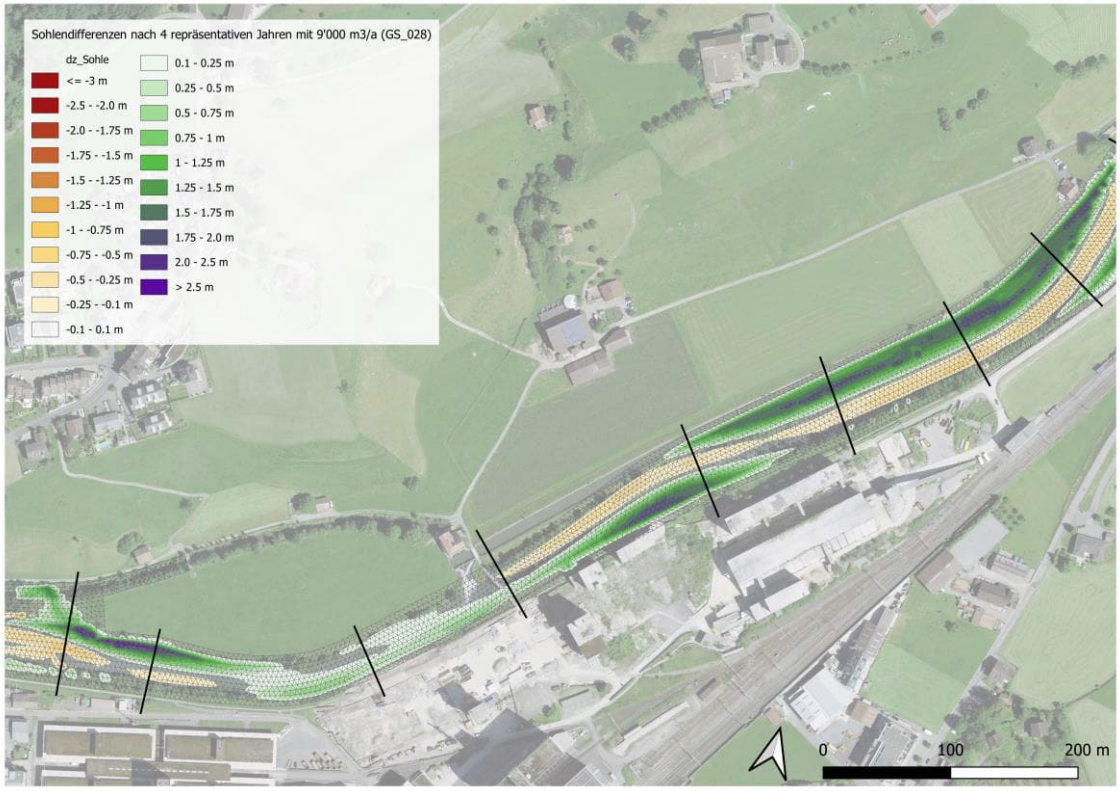


Abbildung 47: Flächendarstellung der Sohlentwicklung nach 4 repräsentativen Jahren mit jährlichem Geschiebeeintrag von 5'000 m3/a (jährliche Fracht Ist-Zustand), unterer Bereich des Projektperimeters

Die Projektsohle im Bauprojekt wurde auf Basis der numerischen Simulationsergebnisse nach 4 repräsentativen Jahren mit einem jährlichen Eintrag von 9'000 m^3/a (sanierter Zustand) festgelegt.

- Die Langzeitsimulationen zeigen, dass die mittleren Sohlenlagen bei einem Geschiebeeintrag von 5'000 m^3/a (Ist-Zustand) im Verlauf von 16 Jahren (in Bezug zur Projektsohle) im Mittel um 20 cm, lokal um bis zu 50 cm höher liegen (Abbildung 48).
- Sollte der Geschiebeeintrag gemäss saniertem Zustand mit 9'000 m^3/a erfolgen, liegen die Sohlenlagen im unteren Projektperimeter nach 16 Jahren im Mittel 40 cm über der Projektsohle. Die numerischen Simulationen zeigen, dass die Wasserspiegellagen bei HQ_{300} (Abflussspitze 480 m^3/s) in diesem Zustand zwar erhöht werden, jedoch nicht im gleichen Umfang wie die Sohlenlagen.

  Auch nach 16 Jahren Geschiebeeintrag im sanierten Zustand wird das erforderliche Freibord im Projektperimeter eingehalten. Die Sohlenlagen haben zu diesem Zeitpunkt jedoch einen Höchststand erreicht, bei welchem gemäss Unterhaltskonzept (Berichtbeilage 1.07) Entnahmen zur Absenkung der Sohlenlagen notwendig sind.

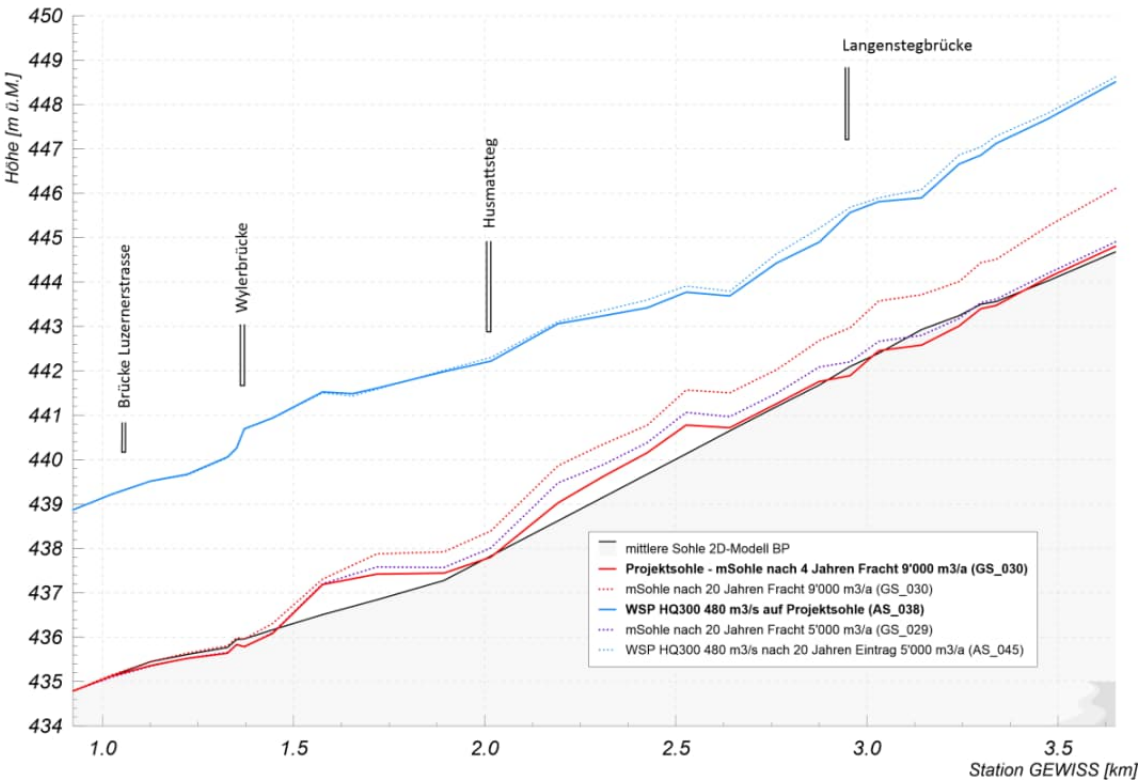


Abbildung 48: Längenprofil der mittleren Sohlenlagen sowie Wasserspiegel bei HQ_{300} mit Spitzenabfluss 480 m^3/s auf Grundlage der Projektsohle sowie der prognostizierten Sohlenlagen nach 20 Jahren Sohlentwicklung mit einem Geschiebeeintrag von 5'000 m^3/a

5.4 Geschiebehaushalt nach Projektabschluss

5.4.1 Geschiebeeintrag gemäss Ist-Zustand

Im aktuellen Zustand beträgt die jährliche Geschiebefracht zwischen Langenstegbrücke und der Mündung in den Vierwaldstättersee rund 5‘000 m^3/a (vgl. Kapitel 3.2.2, Abbildung 2). Nach Umsetzung der Revitalisierung im Abschnitt „KW Brunnen“ ist anzustreben, dass die Weitergabe dieser Frachten an den Abschnitt unterstrom der Wylerbrücke möglichst frühzeitig nach Abschluss des Revitalisierungsprojekts wieder sichergestellt wird. Ein mehrjähriges Geschiebedefizit, welches zu Erosionen im Abschnitt unterstrom führen würde, ist zu verhindern.

Die Simulationen im 2D-Modell zeigen, dass aufgrund der Vorwegnahme der Kiesbankbildung sowie der optimierten Sohlenlagen bereits im zweiten Jahr nach Abschluss der Revitalisierung bereits rund 5‘000 m^3/a nach unterstrom weitergegeben werden. Gemäss den durchgeführten Langzeitsimulationen bleibt der Austrag auch in den nachfolgenden Jahren stabil bei rund 5‘000 m^3/a. Grundsätzlich herrscht im Projetperimeter eine leicht Auflandungstendenz, wie auch in der Entwicklung der mittleren Sohlenlagen zu erkennen ist (Abbildung 48).

Aufgrund der diversen Unsicherheiten bei der Prognose von Geschiebetransport und Sohlenveränderungen (Kornverteilung, realer Eintrag von oberstrom, etc.), ist nach Umsetzung des Projekts ein regelmässiges Monitoring der Sohlenlagen vorzusehen. Dies

ist besonders in den ersten Jahren nach der Umsetzung des Projekts wichtig. In weiterer Folge können die Monitoring-Intervalle allenfalls vergrössert werden (vgl. Unterhaltskonzept, Berichtbeilage 1.07).

5.4.2 Sanierter Zustand

Derzeit sind die Transportkapazität resp. die transportierten Frachten im Abschnitt der Muota oberstrom des Projektperimeters, aufgrund der Gerinnegeometrie und des vorhandenen Längsgefälles, limitiert. Selbst wenn durch diverse Massnahmen der Geschiebeeintrag (Rückbau von KW, Entfernung von Schwellen, etc.) nach Ibach zunimmt, würde dieses Material aufgrund der zu geringen Transportkapazität nicht bis zum Abschnitt «KW Brunnen» transportiert werden können. Es ist daher davon auszugehen, dass auf absehbare Zeit der jährliche Geschiebeeintrag in den Projektperimeter auf dem Niveau des heutigen Zustands verbleiben wird.

Die Langzeitsimulationen im 2D-Modell zeigen jedoch, dass im Perimeter KW Brunnen auch mit deutlich höheren Geschiebeeinträge die Sohlenlagen im unteren Projektabschnitt über ca. ein Jahrzehnt stabil bleiben. Im oberen, stark aufgeweiteten Bereich führen Einträge in der Grössenordnung des sanierten Zustands jedoch nach ca. 8-10 Jahren zu einer beginnenden Erhöhung der Sohlenlagen. In weiterer Folge würde sich ein neues Gleichgewichtsgefälle einstellen, welches jedoch mittelfristig die Hochwassersicherheit gefährden kann.

Zur Sicherstellung des geforderten Schutzniveaus ist auch im geschiebetechnisch sanierten Zustand entsprechend auf ein regelmässiges Monitoring der Sohlenlagen zu achten. Nach Umsetzung der Sanierungsmassnahmen oberstrom des Projektgebiets (Zeithorizont mehrere Jahrzehnte?) sind die Projektsohlen im Abschnitt KW-Brunnen durch bedarfsgesteuerte Entnahmen oberstrom des Projektgebiets sicherzustellen (vgl. Unterhaltskonzept, Berichtbeilage 1.07).

5.5 Bemessungsabflüsse

Im Rahmen des Bauprojekts wurden die Szenarien HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300} (Tabelle 9, Kap. 3.2.1) im 2D-Modell stationär mit fixierter Projektsohle simuliert (Zustand nach 4 Jahren mit Geschiebeeintrag gemäss saniertem Zustand 9'000 m³/a, Kapitel 5.3.2). Die Projektsohle bildet die im Sohlbereich zu erwartenden Bänke und Kolke ab, die ermittelten Wasserspiegel wurden über die Sohlbreite gemittelt. Bei sämtlichen Hochwasserszenarien wurde eine Teilverklausung der Wylerbrücke angenommen.

Tabelle 9: Bemessungsabflüsse Muota und Seeweren

Szenario	Muota Ingenbohl [m³/s]	Seeweren inkl. Nietenbach [m³/s]	Summe [m³/s]
HQ_{30}	300	26	326
HQ_{100}	368	32	400
HQ_{300}	**440**	**40**	**480**

Auf den Querprofilplänen (Planbeilagen 2.11 - 2.13) sowie in den Längenprofilen (Planbeilagen 2.09 - 2.10) sind die jeweils über das Querprofil gemittelten Wasserspiegellagen für die Bemessungsabflüsse innerhalb des Gerinnes dargestellt. Allfällige Ausuferungen, insbesondere am rechten Ufer der Muota, wurden für die Ermittlung der Wasserspiegellagen nicht berücksichtigt. Die dargestellten Wasserspiegel für HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300} liegen somit auf der sicheren Seite. Es ist zu beachten, dass aufgrund des Kurveneffekts die Wasserspiegel in Aussenkurven um bis zu 25 cm über den gemittelten Wasserspiegeln liegen können.

5.6 Bauliche Massnahmen

5.6.1 Ufertypen

Für den Uferverbau an der Muota sind drei verschiedene Ufertypen angedacht (vgl. Beilage 2.08, Normalien Ufertypen):

- Klassischer Blocksatz in Filterschicht (Ufertyp 1)
- Neuer Blocksatz mit anschliessender oder vorgelagerter ingenieurbiologischer Begrünung (Ufertypen 2a und 2b)
- Biogene maschinelle Ufersicherung BMU (Ufertyp 3)

In der Folge werden die Ufertypen 2 und 3 genauer beschrieben.

Biogene maschinelle Ufersicherung BMU (Ufertyp 3)

Die biogene maschinelle Ufersicherung (BMU) ist eine ingenieurbiologische Bauweise zum Uferschutz, die mit Maschinen gebaut wird. Konkret erfolgt auch das Auflegen und der Einbau des Astwerks maschinell mit einem Hydraulikbagger. Im Unterschied zum Heckenbuschlagenverbau werden zusätzlich zum anstehenden Böschungsmaterial umgedrehte Wurzelstämme und weiteres Totholz eingebaut.

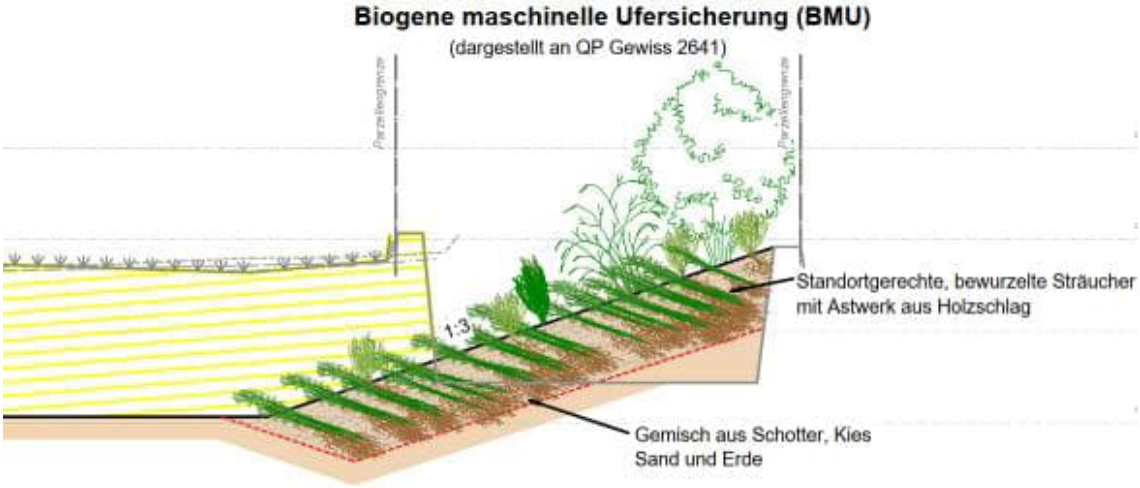


Abbildung 49: Normalie biogene, maschinelle Ufersicherung

Die uferschützende Wirkung der BMU basiert vor allem auf der grossen Rauheit, durch welche die Fliessgeschwindigkeit am zu schützenden Ufer stark reduziert wird. Im Schutze des eingebauten Astwerks kann der eingesetzte Baum- und Strauchbewuchs

anwurzeln und das Ufer später zusätzlich mit seinen Wurzeln stabilisieren. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass keine grösseren Flächen (> 1 m²) ohne schützendes Astwerk entstehen. Andernfalls kann Material erodiert werden.

Als biogene Baumaterialien werden vorzugsweise stark und rasch austriebsfähige bzw. bewurzelte Weiden und Schwarzerlen in Kombination mit weiteren bewurzelten Sträuchern und Bäumen verwendet. Zusätzlich werden Wurzelstämme, Raubäume und 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 Schleppspannungen 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 ingenieurbiologischen 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.

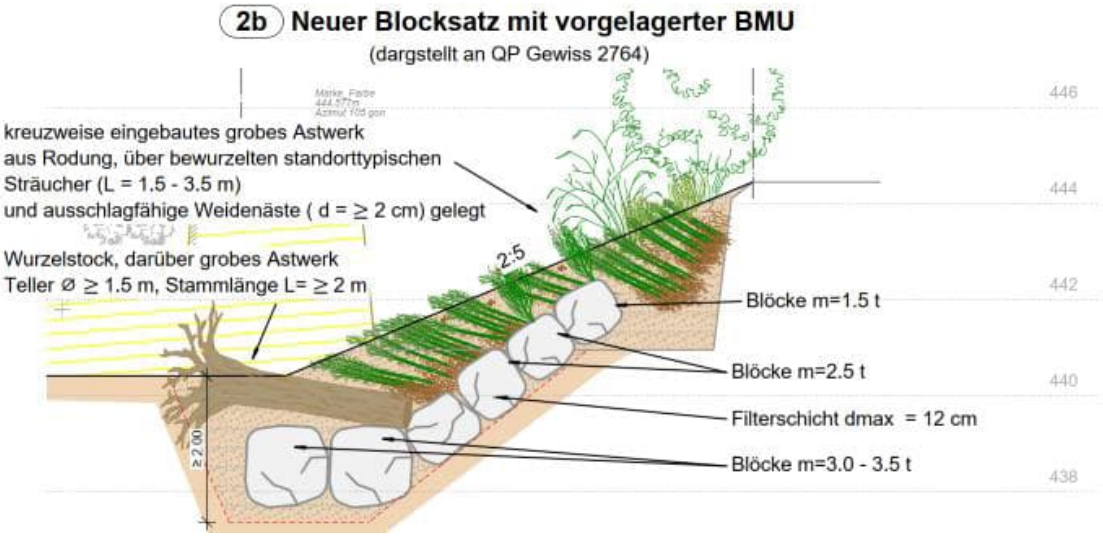


Abbildung 50: Normalie Blocksatz mit vorgelagerter Begrünung / BMU

Abbildung 51: Blocksatz und Blocksatz mit vorgelagerter BMU nach ein bis drei Jahre nach Erstellung, Foto: Projekt HWS Emme Solothurn, PG Bau

Abbildung 52: Blocksatz mit vorgelagerter BMU direkt nach dem Einbau, Foto: Projekt HWS Emme Solothurn, PG Bau

Konzept zur Wahl der Ufertypen im Projektperimeter

Im Projektperimeter werden die Ufertypen abschnittsweise festgelegt und definiert. Die konkrete Wahl des Ufertyps erfolgt in Abhängigkeit des Schadenpotenzials und der Belastungen im Hochwasserfall, d.h. in Abhängigkeit von den vorherrschenden Fliessgeschwindigkeiten und Schubspannungen.

In Anlehnung an Angaben zu ingenieurbiologischen Bauweisen in der Literatur [43] wird für den Verbau der BMU (Ufertyp 3) ein maximaler Grenzwert für die Schubspannung von 60 N/m^2 festgelegt. Bei allen Uferabschnitten, bei denen im Fall eines HQ_{300} eine höhere Schubspannung als 60 N/m^2 auftritt, wird somit keine rein ingenieurbiologische Ufersicherung (BMU) verbaut. An diesen Stellen wird ein Blocksatz verbaut (Ufertyp 1 oder Ufertyp 2). Ein ergänzendes Kriterium für die Wahl eines harten Uferverbaus ist,

das Vorhandensein von Infrastruktureinrichtungen direkt am Ufer entlang (Strassen, Widerlager Brücken, schützenswerte Gebäude).

Namentlich herrschen am rechten Ufer an den Kurvenaussenseiten und teilweise in den geraden Abschnitten sehr hohe Schubspannungen. Weiter befinden sich hier auch die Wiederlager der Langestegbrücke und des Husmattstegs sowie der Husmattweg unterhalb der Langestegbrücke. Konkret ist somit der Bau eines Blocksatzes zwischen Gewiss Adresse 2641 – 2980 und 1976 – 2160 vorgesehen. Am linken Ufer besteht bereits heute grösstenteils ein intakter Blocksatz. Der Ufertyp 2 kommt im Übergangsbereich zwischen dem Blocksatz und der BMU zum Zug.

In den Abschnitten Gewiss Adresse 2641 – 2160 sowie 1976 – 1680 ist gemäss hydraulischer Modellierung mit geringeren Schubspannungen (< 60 N/m^2) zu rechnen. Zudem ist hier das Schadenpotenzial gering (Landwirtschaftsland). Da es sich beim benachbarten Landwirtschaftsland jedoch um schützenswerte Fruchtfolgeflächen handelt, soll nach vorgenommener Interessenabwägung das Ufer auch hier verhältnismässig und ingenieurbiologisch (Ufertyp 3) geschützt werden. Auf eine völlig eigendynamische Entwicklung mittels Ausscheidung einer Interventionslinie wird verzichtet. Mit der Wahl des Ufertyps 3 sind aber leichte Dynamiken (lokale Anrisse, punktuelle Ufererosionen) nach wie vor denkbar.

Bei der Aufweitung im Bereich des Altarms wird das rechte Ufer der Insel nicht gesichert, um eine eigendynamische Entwicklung des Ufers zu ermöglichen. Eine Interventionslinie wird in diesem Bereich als nicht nötig erachtet, da eine eigendynamische Verbreiterung höchstens bis zum Altarm möglich ist.

5.6.2 Aquatische Strukturelemente

Nebst der Verbreiterung der Sohle, der Wiederherstellung der Fischgängigkeit bei der Fassung Langesteg (Rückbau Spundwandschwelle) und der ingenieurbiologischen Gestaltung langer Uferabschnitte soll ein guter ökologischer Zustand mit zusätzlichen Strukturierungsmassnahmen im Gerinne erfolgen. Namentlich werden im gesamten Projektperimeter in Rücksprache mit der Abteilung Fischerei des Amts für Gewässer, Einbauten aus Totholz in der Gewässersohle erfolgen. Diese aquatischen Strukturelemente tragen zur Bildung von tiefen Kolken und einer erhöhten Strömungsvielfalt bei. Des Weiteren dienen sie als Unterstände für Fische und Habitate einer Vielzahl weiterer Wasserlebewesen. Folgende Strukturelemente sind geplant (vgl. Planbeilage 2.15, Normalien Strukturelemente):

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

Die Standorte der Strukturelemente wurden in groben Zügen mit der Abteilung Fischerei des Amts für Gewässer festgelegt. Nach dem Ansatz der Fischökotope wurde die Anordnung der Elemente verfeinert. Dabei wurde darauf geachtet, dass die

Habitatsansprüche in Abhängigkeit der Lebensphase der Zielfischarten in der erforderlichen Grösse und relativen Lage zueinander erfüllt werden können. Damit soll erreicht werden, dass über den gesamten Projektperimeter alle erforderlichen Habitate für den Lebenszyklus der Zielfischarten vorhanden sind. Des Weiteren wurde die Auswirkung der grossen Strukturelemente auf die Hochwassersicherheit überprüft. An sensiblen Standorten respektive auf Abschnitten mit knappem Freibord wird auf den Einbau grösserer Elemente verzichtet. Ebenfalls wird an denjenigen Stellen, wo sich gemäss 2D-Geschiebemodellierung grosse Kiesbänke bilden, auf den Einbau von Strukturelementen verzichtet. Die aquatischen Strukturelemente entfalten ihre fischökologische Wirkung nur, wenn Sie im benetzen Bereich liegen. Die Lage und Anzahl der geplanten aquatischen Strukturelemente ist in den Situationsplänen ersichtlich (vgl. Planbeilagen 2.03 - 2.05).

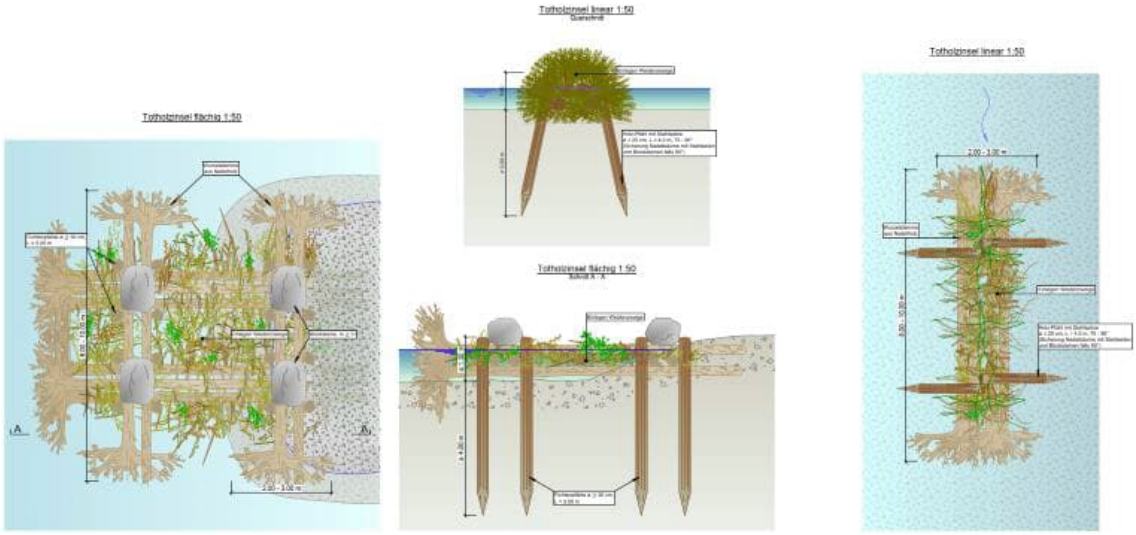


Abbildung 53: Auszug Normalien Strukturelemente - Totholzinseln, Planbeilage 2.15

Abbildung 54: Beispielbild von eingebauten Totholzinseln an der Emme in Solothurn, Quelle: Projekt HWS Emme Solothurn, PG Bau

5.6.3 Bauliche Massnahmen Muota

Abschnitt Seewerenmündung

Im obersten Abschnitt des Projektperimeters wird die Spundwandschwelle unterhalb der Brücke Langesteg (Gewiss Adr. 2896 – 2937) abgebrochen. Im Bereich der heutigen Schwelle wird sich eine neue Sohlenlage einstellen (vgl. Längenprofil, Sohle Langzeitsimulation, Planbeilage 2.09). Die Auswirkungen werden flussaufwärts bis ca. Gewiss Adr. 3143 reichen. Es sind keine neuen Massnahmen zur Sohlenstabilisierung geplant. Am linken Ufer muss im Bereich des Pfeilers der neuen Langestegbrücke das Ufer angepasst werden. Die Ufersicherung ist in diesem Drittprojekt im Detail zu planen.

Abschnitt Langesteg bis Steg Husmatt

Im Abschnitt zwischen der Brücke Langesteg und dem Steg Husmatt wird der Oberwasserkanal des Kraftwerks Brunnen rückgebaut. Gleichzeitig wird auch die heutige Insel zwischen dem Oberwasserkanal und der Muota maschinell abgetragen. 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). Das stark beanspruchte rechte Ufer von der Seewerenmündung bis ca. GEWISS km 2640 (Kurvenaussenseite) wird mit einem Blocksatz gesichert. Als Strukturierungsmassnahme werden zwischen GEWISS Adr. 2760 - 2820 drei Holzkasten im Blocksatz integriert und verankert.

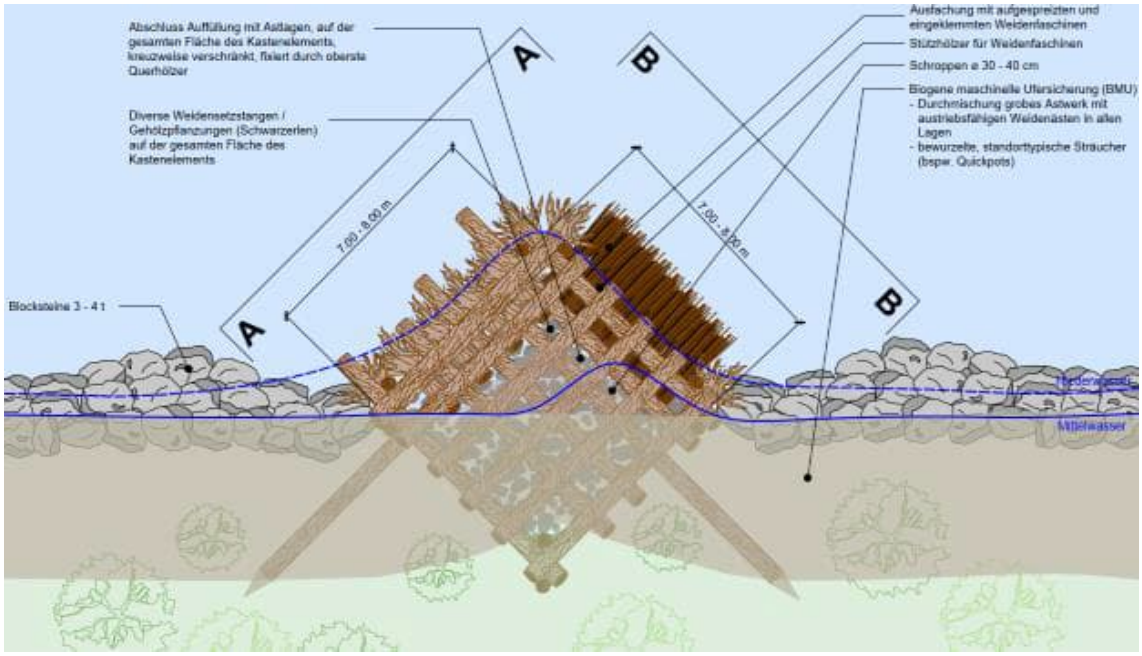


Abbildung 55: In Blockwurf integrierter Holzkasten, Bsp. Normalie ELJ, Simme Wimmis (Ausführung 2023)

Abbildung 56: In Blockwurf integrierter Holzkasten, Foto, Simme Wimmis (Ausführung 2023), K+Z AG

Zwischen GEWISS Adr. 2640 und dem Naherholungsbereich vor dem Husmattsteg (Beginn Kurvenaussenseite) wird die Böschung mit einer biogenen maschinellen Ufersicherung (BMU, Ufertyp 3) gesichert. Die obere Hälfte der Böschung (ca. 2 m über der Flusssohle) wird zusätzlich mit einheimischen Gehölzen bestockt. Das heutige rechte Ufer des Oberwasserkanals bildet bereits heute einen Hochwasserschutzdamm. Dieser wird erhalten und neu auf der Höhe HQ_{30} plus Freibord erstellt. Die Dammkrone wird leicht verbreitert und die luftseitige Böschung neu geschüttet.

Im Bereich vor dem Fussgängersteg Husmatt wird ein Aufenthaltsbereich für Naherholung gestaltet. Zwischen dem heutigen Hochwasserschutzdamm und der Muota soll ein naturnaher Naherholungsbereich mit grossen, schattenspendenden Bäumen entstehen. Ziel ist die Schaffung einer Naturparkähnlichen Umgebung jedoch ohne «touristische» Kleinstrukturen wie Bänke, Feuerstellen, WC-Anlage etc. Der Gemeinderat von Ingenbohl wünscht einzig die Erstellung von ein paar Sitzgelegenheiten mit einladend angeordneten Blocksteinen [44]. Der Unterhalt und die Abfallbewirtschaftung der Fläche liegt in der Zuständigkeit der Gemeinde Ingenbohl. Eine spätere Möblierung der Naherholungsfläche kann, unter Beachtung der Bestimmungen zum Gewässerraums, jederzeit nachgerüstet werden.

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 in FFF Qualität rekultiviert. Zukünftig werden diese Flächen landwirtschaftlich bewirtschaftet. Die untersten ca. 160 m des Unterwasserkanals werden als Altarm ausgestaltet. In der unteren Hälfte des Altarms wird der Uferweg auf der rechten Seite an den Rand des Gewässerraums resp. an den Hangfuss verschoben. Dadurch können die Sohle des Altarms um einige Meter verbreitert und die Ufer flacher und naturnah ausgestaltet werden (n=1:2). Allenfalls vorhandene Ufersicherungen am linken Ufer des Altarms werden entfernt.

Die Zustandsbeurteilung vom Fussgängersteg Husmatt (vgl. Berichtbeilage 1.06) kommt zum Schluss, dass der Steg zwar lokale Betonabplatzungen an der Brückenunterseite (Platte und Balken) aufweist, jedoch keine erkennbaren Schäden hat, die auf eine reduzierte statische Tragfähigkeit schliessen lassen. Im Weiteren wird das Schutzziel der rechten Uferseite (HQ_{30} + F) beim Steg eingehalten. Aufgrund dieses annehmbaren Zustands ist vorgesehen den Steg mittels einfacher Oberflächensanierung zu sanieren und zu erhalten. Auf ein Ersatzneubau, wie noch im Vorprojekt vorgesehen, wird verzichtet. Damit wird dem Gebot des nachhaltigen Bauens (Reduktion der Bauabfälle, Ressourceneffizienz) sowie dem Verhältnismässigkeitsprinzip nachgelebt. Konkret sind eine Reinigung der gesamten Betonoberflächen mittels Wasserstrahlverfahren mit einem maximalen Druck von 150 bar (ohne Verletzung der Zementhaut) sowie die lokale Sanierung aller schadhafter Bereiche mittels Abspitzen, Reprofilieren und lokalem Betonauftrag, vorgesehen.

Abbildung 57: Beispielbilder Sanierung von lokalen Schadstellen an Tragwerkskonstruktionen, Projekt Instandsetzung Verladeanlage Goppenstein Teil 1+2, Foto: K+Z AG

Das Wiesengräbli (Gewässer aus dem Gebiet Husmatt), welches heute kurz unterhalb des Kraftwerksgebäude in den Unterwasserkanal mündet, wird verlängert und in die Muota umgeleitet. Zwischen dem aufgefüllten Unterwasserkanal und dem Hochwasserschutzdamm, kurz vor dem Durchlass durch den Damm, wird der Bachs durch eine leicht abgesenkte Grube geleitet. 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 ausgestaltet.

Der rechtsseitige Hochwasserschutzdamm unterhalb des Kraftwerks wird zugunsten einer leichten Sohlenverbreiterung und einer flacheren Böschung (n = 1:2) leicht verschoben. Der Blocksatz am rechten Ufer wird nach dem Steg noch auf einer Länge von ca. 30 m weitergezogen. Anschliessend wird die Böschung mit einer biogenen maschinellen Ufersicherung (BMU) gesichert.

Ca. ab GEWISS Adresse 1730 flussabwärts wird der bestehende Blocksatz am rechten Ufer entfernt und die Muota gegen rechts aufgeweitet. Die Halbinsel zwischen der Muota und dem Altarm wird somit um bis zu 9 m verschmälert bzw. die Flusssohle des Hauptgerinnes um ca. 9m verbreitert. Mit einem Teil des Aushubmaterials wird am linken Ufer eine Kiesbank geschüttet. Auf den obersten 50 m der Halbinsel wird das Terrain so weit abgesenkt, dass die Fläche 4 bis 5 mal im Jahr überflutet wird (438.0 m ü. M.). Somit

wird der Altarm periodisch von oben geflutet. Auf der abgesenkten Fläche werden die Voraussetzungen für einen Auenwaldähnlichen Lebensraum geschaffen. Die heute als Wald eingetragene Fläche auf der Halbinsel bleibt bewaldet und wird nicht abgesenkt. Es werden lediglich standortfremde Bäume entfernt.

Linkes Ufer

Das linke Ufer der Muota wird grösstenteils in seinem Bestand erhalten. Wo nötig wird der Uferschutz punktuell ertüchtigt/ erneuert. Ein harter Uferverbau ist am linken Ufer, aufgrund des hohen Schadenpotenzials (verdichtetes Siedlungsgebiet, Nova Brunnen) unverzichtbar.

Einbau von Strukturelementen und bauliche Vorwegnahme von Kiesbänken

Es ist vorgesehen im gesamten Projektperimeter aquatische Strukturelemente aus Totholz in das Gerinne einzubauen. Die Platzierung der Elemente ist in den Situationsplänen ersichtlich (vgl. Planbeilage 2.03 - 2.05). Der Einbau der aquatischen Strukturelemente erfolgt explizit auch am linken Ufer zu dessen ökologischen Aufwertung. Damit wird einer Forderung des Bundesamts für Umwelt aus der Vorprüfung des Vorprojekts, wonach auch das linke Ufer ökologisch aufzuwerten sei, erfüllt.

Die aquatischen Strukturen werden so eingebaut, dass sie ca. 1.5 m aus der projektierten Sohle herausragen. Die projektierte Sohlenlage entspricht dabei der errechneten Sohlenlage nach der Langzeitsimulation des Geschiebetransports (vgl. Planbeilage 2.09 Längenprofil, Sohle nach Langzeitsimulation). Es ist vorgesehen, dass diese berechnete Gleichgewichtssohle nach der Langzeitsimulation baulich vorweggenommen wird. Konkret werden grosse Kiesbänke, vor allem in den Kurveninnenseiten, bereits mit der Realisierung des Projekts geschüttet bzw. bei der Verbreiterung gegen rechts, gar nicht erst ausgehoben und abgeführt. Dadurch wird die Ressourceneffizienz des Projekts deutlich verbessert. An den Randbereichen der Kiesbänke wird mit Pfahlreihen weiterhin eine dynamische Entwicklung der Kiesflächen gefördert.

Neue Wegführung am rechten Ufer

Auf der rechten Seite der Muota wir ein durchgehender, neuer Fussweg mit einer Breite von rund 1 m auf dem Damm angelegt. Damit wird eine Massnahme zur Besucherlenkung und zur Entschärfung der heute vorherrschenden Nutzungskonflikte zwischen der Naherholung und der Landwirtschaft umgesetzt.

Nicht umgesetzt wird der im Vorprojekt vorgesehene kombinierte Fuss- und Radweg. Die Vorprüfung des Vorprojekts hat gezeigt, dass sowohl aus Sicht des Bundesamt für Umwelt als auch aus Sicht der kantonalen Vollzugsbehörde (Amt für Gewässer) ein neuer 3 m breiter Fuss- und Radweg im Gewässerraum nicht zulässig ist und somit nicht gesetzeskonform umgesetzt werden kann. Die notwendige Standortgebundenheit ist nicht gegeben. Für einen Fuss- und Radweg ausserhalb des Gewässerraums steht der Raum/ das zu erwerbende Land nicht zur Verfügung.

5.6.4 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 Böschungsoberkannte 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 HQ_2). 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.

Die Muota wird im Mündungsbereich der Seeweren Geschiebe ablagern, wodurch eine Kiesinsel entstehen wird. Die Niederwasserrinne der Seeweren wird sich am rechten Ufer ausbilden. Mit einer Blockbuhne ca. 50 m vor der Mündung wird die Strömung der Seeweren in die Mitte gelenkt. Dadurch entsteht ein variableres Strömungsbild.

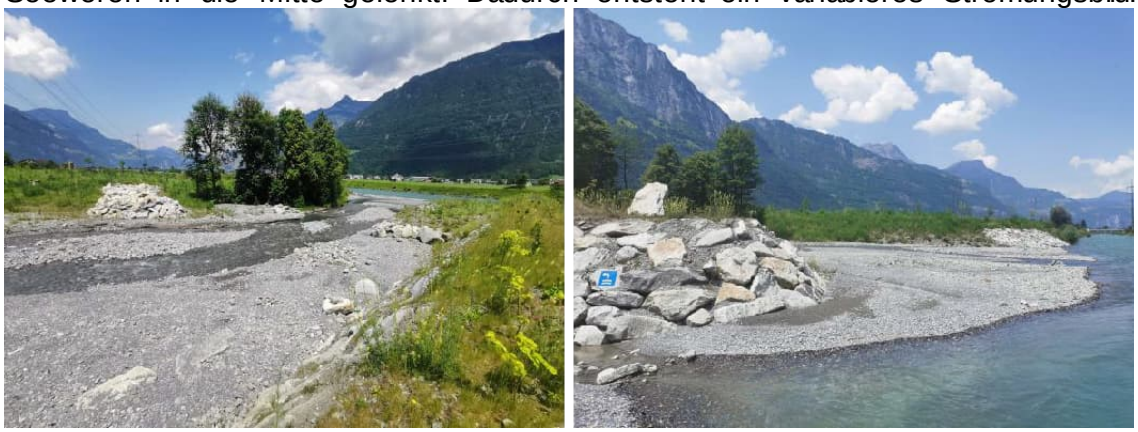


Abbildung 58: Beispielbild aufgeweitete Mündung Palanggenbach bei Seedorf/ Attinghausen bei der Einmündung in die Reuss, Foto: K+Z AG

Die landwirtschaftliche Erschliessungsbrücke, welche parallel zur Zufahrt der ARA verläuft, ist baufällig und wird zurückgebaut.

Abbildung 59: Rückzubauende Brücke bei der ARA

5.6.5 Bauliche Massnahmen Werkleitungen

Aufgrund der wasserbaulichen Massnahmen werden an diversen Werkleitungen kleinere Anpassungen nötig. Die sich ergebenden Werkleitungskonflikte sind in der Planbeilage 2.06, Situation Werkleitungen aufgeführt und beschrieben. Der Plan hält fest wo aufgrund der wasserbaulichen Massnahmen Anpassungen an den Werkleitungen nötig werden, was zu machen ist und welches Projekt (Revitalisierungsprojekt oder Ersatzneubau Brücke Langesteg) zuständig ist für die Umsetzung.

Speziell zu erwähnen ist die Umlegung der Meteorwassersammelleitung des Quartiers Wylen (Planbeilage 2.17, Detailplan Anschluss RAW). Die bestehende Meteorwasserleitung des Quartiers Wylen mündet in den heutigen Unterwasserkanal, der rückgebaut resp. aufgefüllt und rekultiviert wird. Ab dem Siedlungsrand wird die Regenabwasserleitung quer durch das Feld (Parz. Nr. 1921) geführt und in den Altarm des Unterwasserkanals eingeleitet, welcher erhalten bleibt. Ein Variantenstudium zur neuen Leitungsführung hat gezeigt, dass die ursprüngliche Idee, die Leitung im aufzufüllenden Teil des Unterwasserkanals zu verlängern aus topografischen Gründen nicht realisierbar ist (ungenügende Leitungsüberdeckung und ungenügendes Leitungsgefälle).

5.7 Raumplanerische Massnahmen

5.7.1 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 (Berichtbeilage 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%.

5.7.2 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 Projektgruppe[4] [45].

Die genaue Herleitung und die Abweichungen zu der oben genannten Festlegungsart der Gewässerraumbreite ist dem Kurzbericht Gewässerraum zu entnehmen (Dossier Beilage 1.03). Ebenso enthält der Kurzbericht Gewässerraum, auf Verlangen der NGOs, eine Bilanzierung des ausgeschiedenen Gewässerraums.

5.7.3 Raumplanerische Sicherung des Überlastkorridors

Auf der rechten Uferseite der Muota verläuft heute wie auch zukünftig der Überlastkorridor. Im aktuellen, kommunalen Zonenplan [46] sind die Gefahrenzonen gelb, blau und rot eingezeichnet. Zurzeit läuft beim Amt für Gewässer ein separates Projekt zur raumplanerischen Sicherung der Überlastkorridore und Retentionsräume. Damit werden diese Räume rechtsgültig sowie behörden- und grundeigentümerverbindlich festgesetzt und es wird sichergestellt, dass die Überlastkorridore zu einem geschützten raumplanerischen Raum deklariert werden, die als solches zu respektieren sind. Es wird empfohlen den Überlastkorridor im vorliegenden Projektperimeter anhand der hydraulischen Modellierung des Projekts auszuscheiden.

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

5.8 Materialbewirtschaftungskonzept

5.8.1 Materialbilanz

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 Baulogistik von grosser Bedeutung. Im Rahmen des Bauprojekts wurden Projektperimeter insgesamt vier Kernbohrungen vorgenommen (vgl. Baugrunduntersuchungen im Anhang). Aufgrund der Bohrungen wurden die zu erwartenden Aushubkubaturen folgenden Materialklassen zugeordnet:

- Sand
- Sand mit Steinen
- Kies, sandig, siltig mit Steinen.

Trotz der Kernbohrungen konnte mehr als die Hälfte des Aushubmaterials keiner Materialklasse zugeordnet werden und wurde im Vorausmass und Kostenvoranschlag als „übriger Aushub“ klassifiziert. Im gesamten Projekt fällt insgesamt rund 60‘500 m^3 Aushubmaterial an (fest). Rund 52% davon kann direkt oder via Zwischenlager projektintern wiederverwendet werden. Konkret werden die sich in der 2D-Simulation abgebildeten Kiesbänke baulich vorweggenommen (Sohle nach Bauabschluss).

Für das fruchtbare Bodenmaterial (Ober- und Unterboden) wurde eine vom Aushub unabhängige Massenbilanz erstellt. Das Bodenschutzkonzept (Berichtbeilage 1.05) weist diese Bodenbilanzierung im Detail aus. Aufgrund der Aufweitung der Muota wird auf fast doppelter Fläche Boden abgetragen, als er wieder aufgetragen wird. Sämtliche Flächen, die nicht durch die Aufweitung der Muota tangiert sind, werden wieder mit Boden rekultiviert. Durch den Rückbau des Unterwasserkanals entsteht so auf einer Fläche von rund 2‘700 m^2 eine neue Grünfläche mit Fruchtfolgefläche-Qualität (FFF).

Mit dem Vorausmass des Bauprojekts wird nach Abzug der Verwertungen innerhalb des Projektperimeters mit den in Tabelle 10 festgehaltenen Mengen und Kubaturen (Grössenordnungen) an Baumaterialien gerechnet, welche den Projektperimeter verlassen und extern verwertet werden müssen.

Tabelle 10: Kubaturen an Überschuss- (externer Verwertung zuführen)

Material	Kategorie	Menge	Verwertung (Annahmen)
Bodenmaterial (OB & UB)	Überschuss	50 m^3 fest	Projektintern
Betonabbruch	Überschuss	10‘000 m^3 fest	90% Recycling 10% Deponie Typ A oder B
Aushub total (sandig, siltig mit Steinen)	Überschuss	29‘000 m^3 fest	62% (18‘000 m^3) Aufbereitung in Baustoffpark 38% (11‘000 m^3) Verwertung in Deponie Typ A

Mit Bauschadstoffen (Asbest, PCB) belastetes Rückbaumaterial	Überschuss	Kleinmengen gemäss Untersuchungsbericht Anhang D	Fachgerechte Entsorgung nach VVEA

Das extern zu verwertende Aushubmaterial wird zu einem möglichst grossen Anteil für die Verwendung als Sekundärbaustoffe in der Bauwirtschaft aufbereitet (Sortieranlagen). Im Rahmen der Unternehmersubmission werden entsprechende Vorgaben gemacht. In der Nähe des Projektperimeters bestehen diverse Baustoffparks, Aufbereitungsanlagen und Deponien. Mögliche Abnehmer sind:

- A. Betschart's Söhne AG, Brunnen
- Sand- & Kieswerk AG Schwyz, Ibach
- Bolfing AG, Aushubdeponie Rütli (Deponie Typ A), Schwyz
- Schelbert AG, Deponie Selgis (Deponie Typ A und B), Ried-Muotathal

Neben den Materialien, welche im Überschuss anfallen gibt es auch Bedarfsmaterialien, die zuzuführen sind. Dies sind insbesondere Natursteinblöcke, aufbereitetes Kies und Holz für die aquatischen Strukturelemente. Stand Bauprojekt werden rund 9‘500 to Blöcke ausgebaut, vor Ort zwischengelagert und wieder Verbau, zusätzlich müssen gemäss Vorausmass rund 650 to an Blöcken von extern zugeführt werden. Der Bedarf an normiertem Material für die Filterschicht beläuft sich auf 2‘300 to.

5.9 Landerwerb und temporär beanspruchte Fläche

Der Bezirk Schwyz erwirbt alle Flächen welche neu durch die Muota und die Seeweren direkt beansprucht werden. Im Gegenzug tritt der Bezirk Schwyz Teile des Unterwasserkanals ab (Parzelle 428). Neben dem Landerwerb ist für die langfristige Sicherung der Funktionalität gewisser Bauwerke (Dämme, Fusswege) das Eintragen von Dienstbarkeiten ins Grundbuch notwendig. Der Landerwerb und die Flächen, für welche eine Dienstbarkeit abgeschlossen werden muss, sind im Landerwerbsplan detailliert ersichtlich (Dossier Planbeilage 2.19).

Neben dem Landerwerbsplan besteht im Dossier ein zusätzlicher Situationsplan zur temporären Landbeanspruchung während dem Bau. Auf diesem Plan sind diejenigen Flächen bezeichnet, welche zusätzlich zu den im Landerwerbsplan ausgewiesenen Flächen, temporär für den Bau beansprucht werden (Planbeilage 2.20).

5.10 Naherholung und Besucherlenkung

Die Themen Naherholung, Wegführung, Langsamverkehr und Besucherlenkung bildeten eigene Planungsschwerpunkte im Vor- und im Bauprojekt. Im Bericht „Konzept Besucherlenkung und Umgebungsgestaltung“ sind die Themen ausführlich abgehandelt.

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 wird festgestellt, ob das Vorhaben den gesetzlichen Bestimmungen bezüglich Umwelt-, Gewässer-, Landschafts-, Natur- und Heimatschutz, Walderhaltung sowie Jagd und Fischerei entspricht.

Im Kanton Schwyz erfolgt die UVP im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens (§ 4 Abs. 2 KVVzWasserrechtsgesetz). Die Koordination der formellen und materiellen Prüfung des UVB erfolgt durch das Amt für Umwelt und Energie.

Die Auswirkungen auf die Umwelt in der Bau- und Betriebsphase (Projektzustand) wurden im Rahmen der UVP-Hauptuntersuchung im Detail für sämtliche Umweltaspekte untersucht, Massnahmen zur Minimierung der negativen Auswirkungen und zur Einhaltung der Umweltgesetzgebung aufgezeigt und im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVB) festgehalten.

Die UVP-Hauptuntersuchung wurde in SIA Phase 32 (Bauprojekt) erarbeitet und ist in der SIA-Phase 33 (Auflageprojekt) Genehmigungsinhalt des Auflagedossiers. Der UVB liegt dem Dossier als Berichtbeilage Nr. 1.04 bei.

6.2 Hochwasserschutz und Überlastfall

6.2.1 Gefahrensituation nach Massnahmen

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 werden.

Am linken Ufer kann das Schutzziel HQ_{300} + Freibord durchgehend eingehalten werden.

Am rechten Ufer ergibt sich mit dem Projekt, trotz aufgelandeter Sohlenlage keine Verschlechterung des Schutzniveaus. Die Dammhöhen am rechten Ufer werden auf das Schutzniveau HQ_{30} + Freibord ausgelegt. Damit ergeben sich Reduktionen bei den rechtsufrigen Dammhöhen von 0.25 - 0.85 m ggü. dem IST-Zustand bzw. ggü. dem Vorprojekt. Da wo mit der rechten Uferhöhe das Niveau HQ30 + Freibord nicht erreicht wird, wird eine Ausuferung natürlicherweise durch die Topografie begrenzt.

Die aktuell gültige Intensitätskarte HQ_{100} zeigt (vgl. Kapitel 3.2.11), dass es im IST-Zustand bei einem HQ_{100} rechtsufrig zwischen Gewiss-Adresse 2641 und 2527 zu einem

Wasseraustritt in die rechtsufrige Vorlandebene kommt. Weiter kommt es zu einer Überflutung des rechten Vorlands aufgrund des Rückstaus bei der historischen Wylerbrücke.

Die Intensitätskarte HQ_{100} nach Massnahmen zeigt, dass nach Umsetzung des Revitalisierungsprojekts bei einem HQ_{100} die rechtsufrige Fläche unterstrom von QP2641 nicht (mehr) aktiv überströmt wird. Der Wasserspiegel bei HQ100 liegt unter dem Dimensionierungswert HQ_{30} + 60 cm Freibord. Trotzdem kommt es auch mit dem Projekt bei einem HQ_{100} nach wie vor zu Überflutungen rechts der Muota bei QP 2192 (vgl. Abbildung 60) und somit zu einer Aktivierung des Überlastkorridors/ Retentionsraumes. Die Überflutungen erfolgen aufgrund des Rückstaus bei der historischen Wylerbrücke (Rückfluss in der Ebene).

Abbildung 60: Intensitätskarte HQ100 nach Massnahmen (Überlastfall rechte Uferseite), Quelle: HZP

Abbildung 61: Intensitätskarte HQ300 nach Massnahmen (Überlastfall rechte Uferseite), Quelle: HZP

6.2.2 Retentionseffekt im Gebiet Husmatt im Überlastfall

Um den Retentionseffekt des Gebiets Husmatt im Überlastfall bzw. den gefährdungsmindernden Effekt dieser Retention auf den Abschnitt der Muota unterstrom des Projektperimeters zu quantifizieren, erfolgte im Bauprojekt im 2D-Modell eine Gegenüberstellung der Ausuferungssituation bei HQ_{300} mit einem überströmbarem und einem undurchlässigen rechten Ufer der Muota (Gangliniensimulation).

Die Gegenüberstellung mit der Gangliniensimulation zeigt für das Modell mit dem überströmbaren Ufer eine austretende Wassermenge von lediglich maximal 15.4 m^3/s über einen kurzen Zeitraum am rechten Ufer. Dies entspricht ca. 3% der Abflussspitze. Entsprechend klein und vernachlässigbar ist somit der Retentionseffekt der Ebene Husmatt.

Abbildung 62: Gegenüberstellung der max. Fliesstiefen bei HQ300 (Gangliniensimulation) mit überströmbarem und undurchlässigem rechtem Ufer, Quelle: HZP

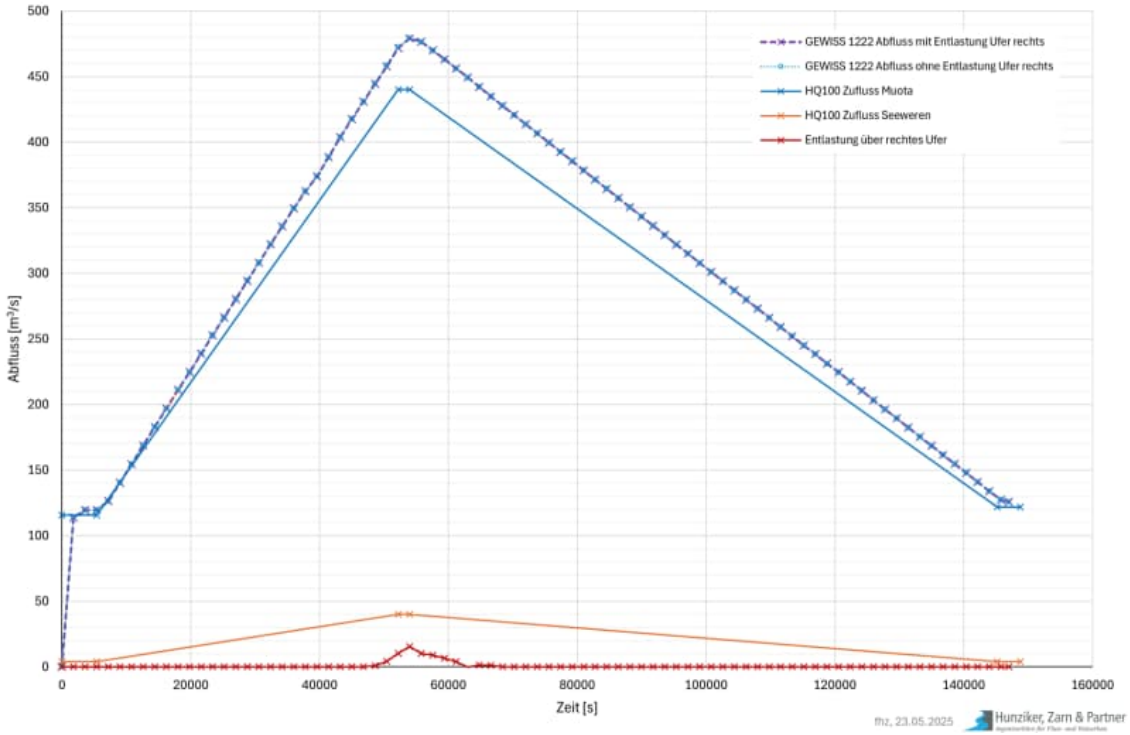


Abbildung 63: Visualisierung des Effekts der Ausuferungen, die Durchflussganglinien bei QP1222 sowie die Zuflussganglinien von Muota und Seeweren. Die Unterschiede zwischen den beiden Durchflussganglinien sind minimal. Die austretende Wassermenge liegt bei 15.4 m³/s im Maximum am rechten Ufer (ca. 3% der Abflussspitze).

6.3 Effekte auf Gefährdung durch Oberflächenabfluss

Das Gebiet Husmatt sowie das rechtsufrige Gebiet zwischen Gewiss-Adr. 1576 und 1371 sind im IST-Zustand neben der Gefährdung durch die Muota auch durch Oberflächenabfluss gefährdet. An beiden Stellen kann es bei Starkniederschlägen zu erheblichen Gefährdungen durch Hangwasserbildung kommen (Abbildung 64).

Die Oberflächenabflussproblematik im Gebiet Husmatt kann mit dem Revitalisierungsprojekt nicht verbessert werden. Die Aufweitung der Muota führt nicht zu einer verbesserten Abflusssituation für das Oberflächenwasser.

Eine gewisse Verbesserung der Oberflächenabflusssituation kann jedoch im Gebiet rechtsufrig, zwischen Gewiss-Adr. 1576 und 1371, konkret zwischen Gewiss-Adr. 1576 und 1445 erreicht werden. Mit der Verbreiterung des Seitenarms (ehem. Unterwasserkanal) wird der Weg Richtung Hangfuss versetzt. Damit kann in Zukunft das Hangwasser über den Weg in den Altarm abfliessen. Zwischen Gewiss Adr. 1445 und 1371 hingegen kann die Situation nicht verbessert werden. Der topografische Bestand bleibt hier bestehen.

Allfällige Objektschutzmassnahmen vor Oberflächenwasser, aber auch vor Wasser aus Übersarungen im Überlastfall liegen in der Eigenverantwortung der Liegenschaftsbesitzern/-innen und sind nicht Bestandteils des Projekts.

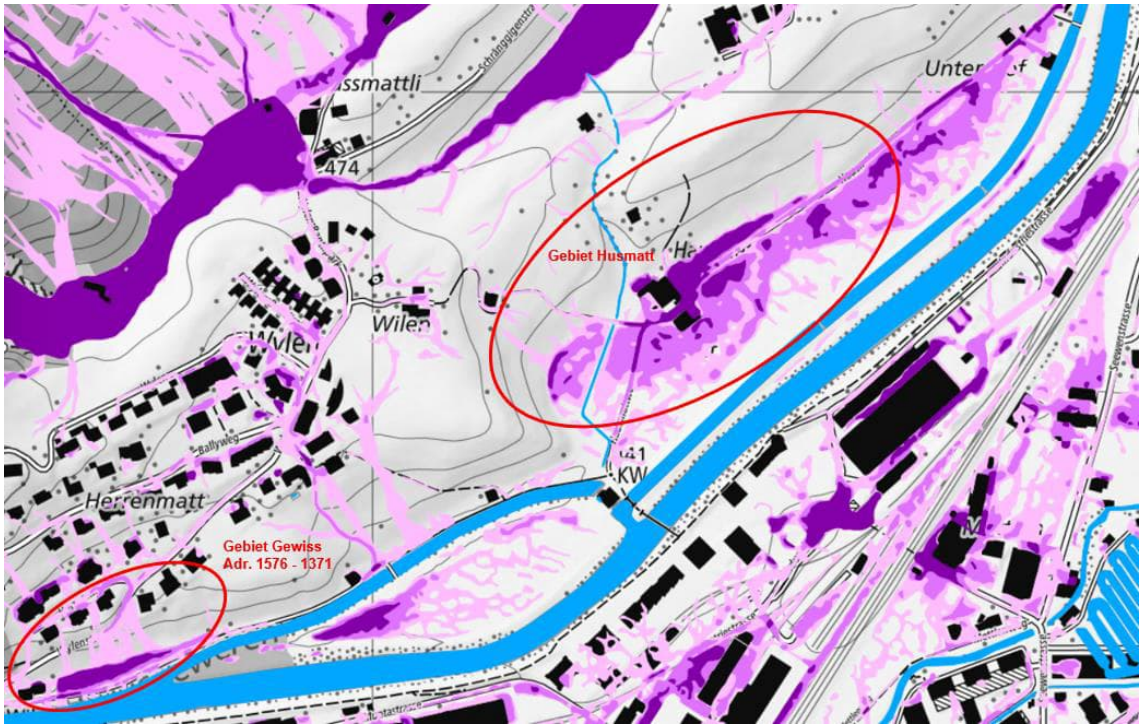


Abbildung 64: Gefährdung Oberflächenabfluss. Quelle: Gefährdungskarte Oberflächenabfluss BAFU

7 KOSTEN

7.1 Kostenvoranschlag

Der Kostenvoranschlag für die Erstellungskosten beträgt CHF 13.11 Mio. inkl. MwSt. Tabelle 11 gibt Auskunft über die Zusammensetzung der Kosten. Der Kostenvoranschlag der Baumeisterarbeiten beruht auf Einheitspreisen realisierter und vergleichbarer Objekte (Preisbasis: 1. Quartal 2025). Die Genauigkeit des KV beträgt +/- 10 %.

Tabelle 11: Kostenvoranschlag +/- 10% gegliedert nach NPK

Baukosten		**9'298'000.00**
NPK 111 -	Regiearbeiten (über alle Baukosten)	800'000.00
NPK 112 -	Prüfungen	15'000.00
NPK 113 -	Baustelleneinrichtungen	484'000.00
NPK 116 -	Abholzen und Roden	86'000.00
NPK 117 -	Abbrüche	2'526'000.00
	davon Deponiegebühren beitragsberechtigt	826'343.44
NPK 141 -	Bauarbeiten für Werkleitungen	67'000.00
NPK 161 -	Wasserhaltung	38'000.00
NPK 211 -	Baugruben und Erdbau	2'949'000.00
	davon Deponiegebühren beitragsberechtigt	564'623.46
	davon Deponiegebühren nicht beitragsberechtigt	429'268.68
NPK 213 -	Wasserbau	2'241'000.00
NPK 228 -	Strassenbau	27'000.00
NPK 441 -	Ortsbeton	65'000.00
Honorarkosten		**1'395'000.00**
SIA-Phasen 41-53 Total, Annahme: 15% der Baukosten		1'395'000.00
Total Bau- und Honorarkosten netto		**10'693'000.00**
Gebühren, Bewilligungskosten, Verschiedenes		**53'000.00**
Gebühren, Abfischen, etc.: Annahme 0.5% der Bau- und Honorarkosten		53'000.00
Risikokosten und Reserven		**1'069'000.00**
Risikokosten total: Annahme 10% der Bau- und Honorarkostenkosten		1'069'000.00
Landerwerb, Inkonvenienzen, Nachführung AV		**308'400.00**
Landerwerb		243'400.00
Inkonvenienzen (grobe Schätzung)		30'000.00
Geometer (grobe Schätzung)		35'000.00
Mehrwertsteuer, 8.1%		981'995.40
Total veranschlagte Kosten inkl. MWSt.		13'105'395.40
Total veranschlagte Kosten inkl. MWSt. gerundet, Mio. CHF		**13.11**
		14.42
		11.79

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

7.2.1 Abschnitte für Berechnung Kostenteiler

Für die Erstellung des Kostenvoranschlags und den Kostenteiler wurde der Projektperimeter in unterschiedliche Abschnitt unterteilt. Je nach Teilabschnitt bestehen unterschiedliche Kostenbeteiligungen und -teiler. Nachfolgende Abbildung zeigt die Teilabschnittsbildung.

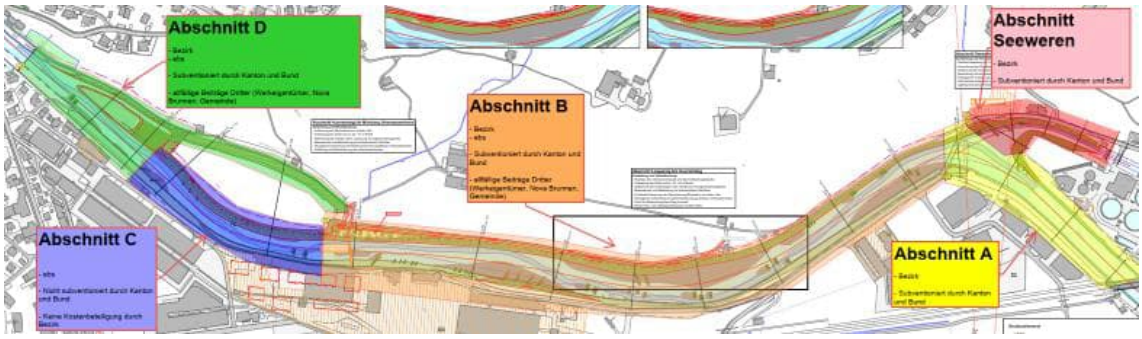


Abbildung 65: Teilabschnittsbildung für die Erstellung des KV und des Kostenteilers

7.2.2 Finanzierung und Kostenteiler

Die ebs Energie AG hat sich aufgrund der Pflicht für ökologische Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen der Konzessionserneuerung der Muotakraftwerke mit 37.5% am Revitalisierungsprojekt (exkl. Abschnitte A und Seeweren) zu beteiligen. Der Anteil entspricht den notwendigen Ökopunkten für den ökologischen Ausgleich respektive Ersatz (in Prozent an den gesamthaften Ökopunkten). Gemäss unterzeichneter Vereinbarung soll der Beitrag nach Möglichkeit, die nicht beitragsberechtigten Kosten decken.

Der Abschnitt C (vgl. Abbildung 65) wird vom Bund als nicht subventionsberechtigt erachtet. Der Abschnitt erfüllt die Anforderungen an eine beitragsberechtigte Revitalisierung nicht. An der gemeinsamen Online-Besprechung vom 02.04.2025 [47] zwischen der ebs Energie AG, dem Bezirk Schwyz, dem AfG Kt. Schwyz, dem BAFU und dem Planerbüro wurde vereinbart, dass der Anteil der ebs Energie AG u.a. für die vollumfängliche Finanzierung des Abschnitts C verwendet werden kann.

Bei Stand Bauprojekt kann neben der Beteiligung der ebs Energie AG, aufgrund von ebenfalls bereits abgeschlossenen Vereinbarungen und Abmachungen, für die Abschnitte B und D von Drittbeiträgen von CHF 0.8 Mio. von der Bauherrschaft Nova Brunnen und Werkeigentümern ausgegangen werden.

Die nach Abzug der oben erwähnten Beiträge (ebs Energie AG, Nova Brunnen, Werkeigentümer) verbleibenden Projektkosten werden wie andere Revitalisierungsprojekte finanziert und subventioniert.

Mit Blick auf die nicht beitragsberechtigten Deponiegebühren stellte sich im Rahmen der Online-Besprechung mit dem BAFU am 02.04.2025 [47] die Frage, ob diese Kosten, analog den Kosten für die Massnahmen in Abschnitt C, vollumfänglich über den Beitrag der ebs Energie AG finanziert werden können. Dieser Voranfrage hat BAFU im Nachgang zur Sitzung eine Absage erteilt (nicht vereinbar mit der aktuellen Praxis) [48]. Somit kommen beim Kostenteiler folgende Grundsätze zur Anwendung:

(Abschnitt B + D) + (Abschnitt C) – (Nacherholung / Uferweg / Husmattsteg)	davon 37.5% = ebs Total
ebs total - (Abschnitt C) - 37.5% (nicht beitragsberechtigte Kosten*)	≙ Anteil ebs für Abschnitte B + D

**z.B. nicht beitragsberechtigte Deponiegebühren*

Diese Grundsätze des Kostenteilers haben Einfluss auf die beitragsberechtigte Summe und die Höhen der Restkosten respektive die Kosten des Bezirks Schwyz. Für die ebs Energie AG bzw. deren Kostenbeteiligung und deren Anzahl erzielte Ökopunkte ändert sich nichts.

Anhang C hält den Kostenteiler gemäss Annahmen des Bauprojekts fest.

7.2.3 Anrechenbarkeit der Kosten

Ob Kosten als anrechenbar und nicht anrechenbar gelten, regelt Anhang 5 der gültigen Programmvereinbarung im Umweltbereich [49]. Aufgrund der gemeinsamen Online-Besprechung vom 02.04.2025 [47] zwischen der ebs Energie AG, dem Bezirk Schwyz, dem AfG Kt. Schwyz, dem BAFU und dem Planerbüro sowie zum besseren Verständnis des Kostenvoranschlags und des Kostenteilers in Anhang C werden folgende Aspekte festgehalten:

- Der Husmattsteg (Instandstellung mittels Oberflächensanierung) ist nicht subventionsberechtigt. Auch ist der vereinbarte Anteil der ebs Energie AG von 37.5% an den Gesamtkosten nicht für diese Instandstellung zu verwenden (kein ökologischer Mehrwert). Die ebs Energie AG, der Bezirk und ggf. Dritten haben die Finanzierung der Instandstellung untereinander und losgelöst vom Revitalisierungsprojekt zu klären. Im KV des Bauprojekts sind die Kosten separat aufgeführt und (provisorisch) den Restkosten des Bezirks zugewiesen.
- Der Rückbau respektive der Abbruch der Kraftwerksanlagen wird als ein projektbedingter Abbruch beurteilt. Es besteht keine konzessionsbedingte Pflicht für einen Rückbau und die Anlagen wurden seinerzeit rechtmässig erstellt. Die Kosten für den Abbruch sind subventionsberechtigt.
- Der Rückbau der «Nutzungselemente» des Kraftwerks (z.B. elektromechanische Anlageteile, Altlasten, usw.) werden als nicht subventionsberechtigt beurteilt. Dies beinhaltet Leistungen und Kosten welche nicht von einem herkömmlichen Baumeister (Tiefbau-/Wasserbauunternehmen) geleistet werden können. Im Rahmen des Subventionsgesuch ist dieser Grundsatz qualitativ zu beschreiben.

Auf quantitative Angaben im KV respektive im Subventionsgesuch kann verzichtet werden.

- Der Betonabbruch ist möglichst im Projekt wieder zu verwerten oder dem Recycling zu zuführen. Die Verwertungs- respektive die Recyclingkosten sind beitragsberechtigt. Ist eine Wiederverwertung/ Recycling nicht möglich oder nicht wirtschaftlich, sind allfällige Deponiekosten ebenfalls subventionsberechtigt. Im KV wird von einer Beitragsberechtigung von 100% für den Betonabbruch ausgegangen. Konkret wird erwartet, dass 90% des Betonabbruchs sortenrein getrennt und dem Recycling zugeführt werden kann und dass für die restlichen 10% eine sortenreine Trennung wirtschaftlich nicht tragbar ist.
- Im Materialbewirtschaftungskonzept und im KV wird davon ausgegangen, dass 52% des projektbezogenen Aushubmaterials im Projektperimeter selbst wieder eingebracht und verwertet werden können. Rund 48% des Aushubmaterials verlassen somit den Projektperimeter, wovon wiederum knapp 2/3 (62%) bzw. rund 30% des Gesamtaushubvolumens in nahe gelegenen Aufbereitungs- und Sortieranlagen zu Baumaterialien für den Baumarkt aufbereitet werden können (Annahme). Letzlich entfallen so 18% des gesamten Aushubvolumens auf eine Deponie Typ A und somit auf nicht beitragsberechtigte Deponiegebühren.

7.2.4 Subventionssätze

Revitalisierungsprojekte werden durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU), den Kanton und den Bezirk massgeblich subventioniert. Das Revitalisierungsprojekt Muota im Abschnitt KW Brunnen fällt gemäss den Kriterien der Programmvereinbarung im Umweltbereich [49] 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.

Auf Stufe Bauprojekt wird von den folgenden behördenverbindlich verankerten Subventionsansätzen ausgegangen:

- Bund: 55% der anrechenbaren Kosten (Annahme Grundsubventionen 35% + 20% für Projekte mit grossem Nutzen)
- Kanton: 15% der anrechenbaren Kosten
- Bezirk: 20% der anrechenbaren Kosten

Zusätzlich zum Subventionsanteil des Bezirks gemäss §58 KWRG übernimmt der Bezirk im vorliegenden Projekt, aufgrund seiner Wasserbaupflicht an der Muota, auch die Restkosten. Hierzu erfolgt noch eine kleine Beteiligung der Gemeinde Ingenbohl für den neuen Uferweg.

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

8.2 Bauablauf und Baulose

Das Revitalisierungsprojekt wird in zwei Baulose aufgeteilt. Los 1 reicht von der Mitte des Industriegebiets Stegstuden bis zur historischen Wylenbrücke bzw. vom Gewässer Km 3.723 bis Km 5.075. Los 2 beinhaltet den Einmündungsbereich der Seeweren in die Muota bis zur Mitte Industriegebiet Stegstuden, d.h. vom Gewässer Km 3.367 bis Km 3.723.

Die Ausführung und der Ausführungszeitpunkt der beiden Lose sind mit den Drittprojekten Ersatzneubau Brücke Langesteg und Erschliessung Brunnen Nord abzustimmen. Der Ersatz der Brücke Langesteg seinerseits ist direkt vom Projekt zur Erschliessung des Entwicklungsgebiets Brunnen Nord abhängig. Die beiden Vorhaben (Brücke und Erschliessung Brunnen Nord) können aus baulogistischen Gründen nicht gleichzeitig realisiert werden. Beide Vorhaben bedingen eine Vollsperrung der Seewerenstrasse um ungefähr je ein Jahr [50].

Aufgrund der gewählten Losgrenze kann Los 1 des Revitalisierungsprojekt technisch unabhängig von den Drittprojekten Ersatzneubau Brücke Langesteg und Erschliessung Brunnen Nord realisiert werden. Die einzigen in der Submission wie auch in der Ausführungsplanung zu berücksichtigende Rahmenbedingung ist die allfällig vorherrschende Strassen- und Brückensperre (erhebliche Auswirkungen auf die Baustellenerschliessung und -logistik). Aus hochwasserschutztechnischen Gründen und aus Überlegungen zur Wasserhaltung (Nutzung des Oberwasserkanals für die Wasserhaltung zur Reduktion des Abflusses und der Schwall-Sunk Effekte im Baubereich) ist es sinnvoll die Massnahmen von flussabwärts Richtung flussaufwärts auszuführen. Die Ausführung von Los 2 erfolgt idealerweise erst nach Fertigstellung der neuen Brücke Langesteg.

Die Sanierungsmassnahmen am Steg Husmatt (Oberflächenreinigung und punktuelle Reprofilierung mit Beton bei lokalen Schadstellen) sowie der Rückbau inkl. die Gebäudeschadstoffsanierung können als eigene losunabhängige Massnahme ausgeschrieben und realisiert werden.

8.3 Erschliessung der Baustelle

Die Erschliessung der Baustelle erfolgt über das öffentliche Strassennetz und die rechte Uferseite der Muota. Bei der Baustellenlogistik werden folgende Grundsätze verfolgt:

- Minimierung der schädlichen Auswirkungen des generierten Verkehrsaufkommens
- Optimale Nutzung bestehender Infrastrukturen, z.B. Nutzung bestehender Wege als Baupisten

Die vorgesehenen Erschliessungswege (Zufahrtswege), sowie die Baupisten, Installations-, Zwischenlager- und Materialumschlagsplätze sind auf den Situationsplänen (Planbeilagen 2.03 – 2.05) eingezeichnet. Die Baulogistik wird im Rahmen der weiteren Projektplanung laufend verfeinert und im Rahmen der Ausführungsplanung / Ausführung definitiv festgelegt.

Insgesamt sind im gesamten Projektperimeter vier Materialumschlags- und Installationsplätze ausgeschieden:

- Installationsplatz und/ oder Zwischenlagerfläche bei der Einmündung Seeweren, auf dem Areal der ARA, F = 3'250 m^2
- Zwischenlagerfläche und Materialumschlagsplatz bei Gewässer Km 3.908, F = 1'200 m^2
- Installationsplatz und/ oder Zwischenlagerfläche auf dem zu verfüllenden Teil des Oberwasserkanals, F = 2'970 m^2
- Zwischenlagerfläche und Materialumschlagsplatz bei Gewässer Km 4.981, F = 1'300 m^2

Die Flächen liegen auf landwirtschaftlich genutztem Boden (exkl. Oberwasserkanal), wobei die Zwischenlagerfläche bei Gewässer Km 3.908 gar auf einer Fruchtfolgefläche (FFF) liegt. Entsprechend sind beim Erstellen der Plätze die Bodenschutzmassnahmen gemäss Bodenschutzkonzept (Berichtbeilage 1.05) zu beachten. Der obere Teil des Oberwasserkanals ist zuerst mit Aushubmaterial zu verfüllen, ehe er als Installations- und Zwischenlagerfläche verwendet werden kann (exkl. Anlegen von Unter- und Oberboden).

In den Abschnitten wo keine bestehenden Strassen und Wege für die Zirkulation der Grossdumper und Lastwagen genutzt werden können , d.h. insbesondere zwischen Gewässer Km 3.760 und Km 4.738 ist eine durchgehende Baupiste entlang dem neu zu erstellenden rechtsufrigen Damm vorgesehen. Auch hier sind die Bodenschutzmassnahmen einzuhalten. Je nach gewähltem Bauvorgang und gewählter Bautechnik (durch den Unternehmer) kann dieser Platz anstatt als Baustrasse auch als seitliche Zwischenlagerfläche für Boden und/ oder andere Materialien verwendet werden.

Die im Gewässer eingezeichneten Baupisten sind als hinweisende Erschliessungspisten zu interpretieren. Es sollen zum Bau von Baupiste keine Kiesschüttungen im Gewässer vorgenommen werden. Vielmehr ist das bestehende Flusskies so zusammen zu ziehen, dass mittels Bagger und Grossdumper darauf gearbeitet werden kann.

8.4 Wasserhaltung

Für den Bau von Los 1 bietet sich die Nutzung bzw. Teilnutzung des KW-Kanals für die Wasserhaltung an. Bei einem Bau der flussbaulichen Massnahmen von flussabwärts in Richtung flussaufwärts, kann jeweils immer noch Wasser in den Kanal / teilweise noch vorhandenen Kanal ausgeleitet werden. Dadurch können auch die Auswirkungen des Schwall-Sunk Betriebs abgemindert werden.

Weiter werden zur baulichen Umsetzung der Massnahmen entlang der Ufer und im Gerinne voraussichtlich kleine Umleitungsdämme aus anstehendem Sohlenmaterial geschüttet und grosse Leerrohre eingesetzt.

Wasserhaltungen mit Spundwänden oder Pumpensümpfen sind aus heutiger Sicht nicht notwendig.

9 WIRKUNGSKONTROLLE

9.1 Pflicht zur Wirkungskontrolle

Revitalisierungsprojekte, an welchen sich der Bund finanziell beteiligt, sind im Rahmen einer Erfolgskontrolle zu überprüfen [51]. 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 [52] 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

Im übergeordneten Gesamtkonzept werden ausserdem weitere Indikatoren vorgeschlagen zur Überprüfung der Wirkung der Sanierungen Schwall-Sunk, Geschiebe und Fischgängigkeit. Synergien ergeben sich insbesondere bei der Sanierung Schwall-Sunk und Fischgängigkeit, für die der Indikator «Fische» (MSK Fische) erhoben werden muss.

Gemäss Wegleitung des BAFU «Wirkungskontrolle Revitalisierung. Gemeinsam lernen für die Zukunft» (BAFU, 2019) soll der Ausgangszustand bis max. 2 Jahre vor der Umsetzung sowie 4 und 12 Jahre nach der Umsetzung der Massnahmen erfolgen.

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.

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 7 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: Baugrunduntersuchungen

Anhang C. Kostenteiler

Anhang D: Untersuchungsbericht Bauschadstoffe Gebäude KW Brunnen

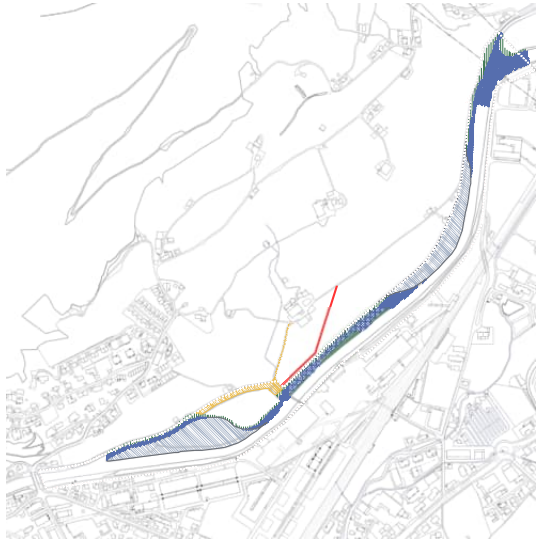
Anhang A

Plan Variantenstudium AquaPlus AG

VARIANTE A1 • "ALTARM"

VARIANTE A2 • WÄSSERWIESEN

VARIANTE A3 • AUENLANDSCHAFT



Legende

- Verbreiterung Muota / UW Kanal
- Aufwertung Gewässersohle
- Erhalt Gehölze
- Aufwertung Ufer/Böschung heterogen, variierend 1:3 - 2:3
- Zugang Erholungssuchende
- Abbruch Kanal; Rekultivierung
- Abbruch Weg; Rekultivierung
- Weg Projektiert
- Überflutbare Bereiche, Aue
- Buhne / Offene Kiesbäche
- Wässerwiesen
- Informationsstand, Besucherzentrum u.Ä.

Referenzbilder

Weichholz-Auenwald, Quelle Bild: infoBirs • Peter Rüdiger

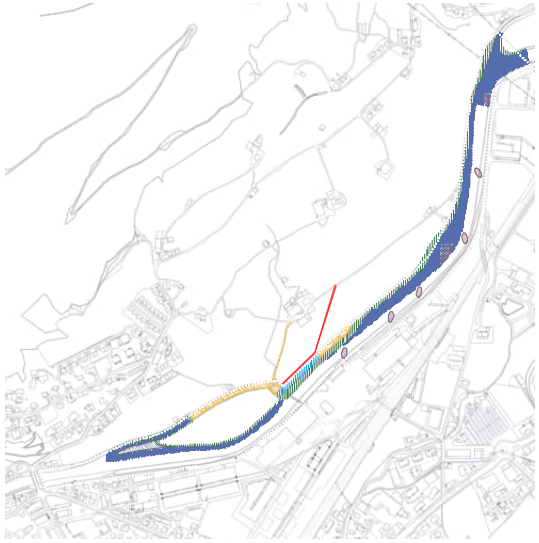
Durch die gezielte Schaffung adäquater Bedingungen (Wenige Gefälle usw.) sollen die Aschenbestände längerfristig gesichert werden, Quelle Bild: Michel Roggo

Totholzstrukturen besitzen eine strukturierende Funktion und bilden für Fische essentielle Lebensgrundlagen, Quelle Bild: AquaPlus • Roman Lüscher

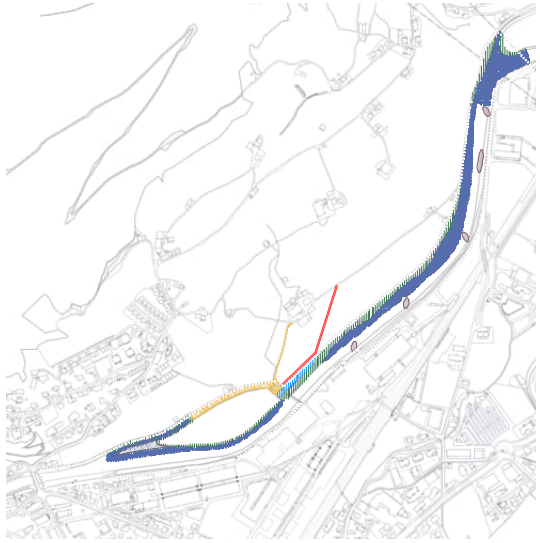
Die Muota soll durch gezielte Massnahmen ihre naturnahe Dynamik zurückerhalten, wie die Aare im BAG, Quelle Bild: RAOBAW

VARIANTE B1

VARIANTE B2



VARIANTE B3



REVITALISIERUNG MUOTA
ABSCHNITT KW BRUNNEN

2293

VARIANTENSTUDIUM **2293_2412**

Auftraggeber	Bezirk Schwyz | Urwerk Sportplatzstr 11 6430 Schwyz
Datum 28.03.23	**Plangrösse** 1,250m / 0,594m
Massstab 1:5000	**Dateiname** 2293_2412_230328.mm
Gezeichnet RL	**Geprüft** MC | RL

Index	Kommentar	Datum	Gez.
A	-	-	-

VORABZUG

AquaPlus
AquaPlus AG · Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug
Fax +41 41 728 30 08 · Fax +41 41 728 30 01
mail@aquaplus.ch · www.aquaplus.ch

Bemerkungen

Höchster Wasserstand:	-
Stand AV Daten	15.3.23
Stand Grundlagen LA	-

Anhang B

Baugrunduntersuchungen und historische Unterlagen zum Baugrund

Bezirk Schwyz

Beilage Nr. 2.02

Revitalisierung Muota
Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Vorprojekt

Situation 1:1000

Technischer Plan

PGM Mehrwert Muota Holinger AG, Zürich Aquarius AG Dr. von Moos AG Hunziker, Zarn & Partner AG	Plan-Nr. 8.460	Blatt-Nr. / 31,512	
	Format 60 / 200		

	Datum	Name	Datum	Name	Datum	Name
	Gezeichnet	Kontrolliert	Genehmigt		Genehmigt	
1						
2						
3						
4						

Auftraggeber: vbs / Bezirk Schwyz

Revitalisierung Muota

GRUNDWASSERMONITORING

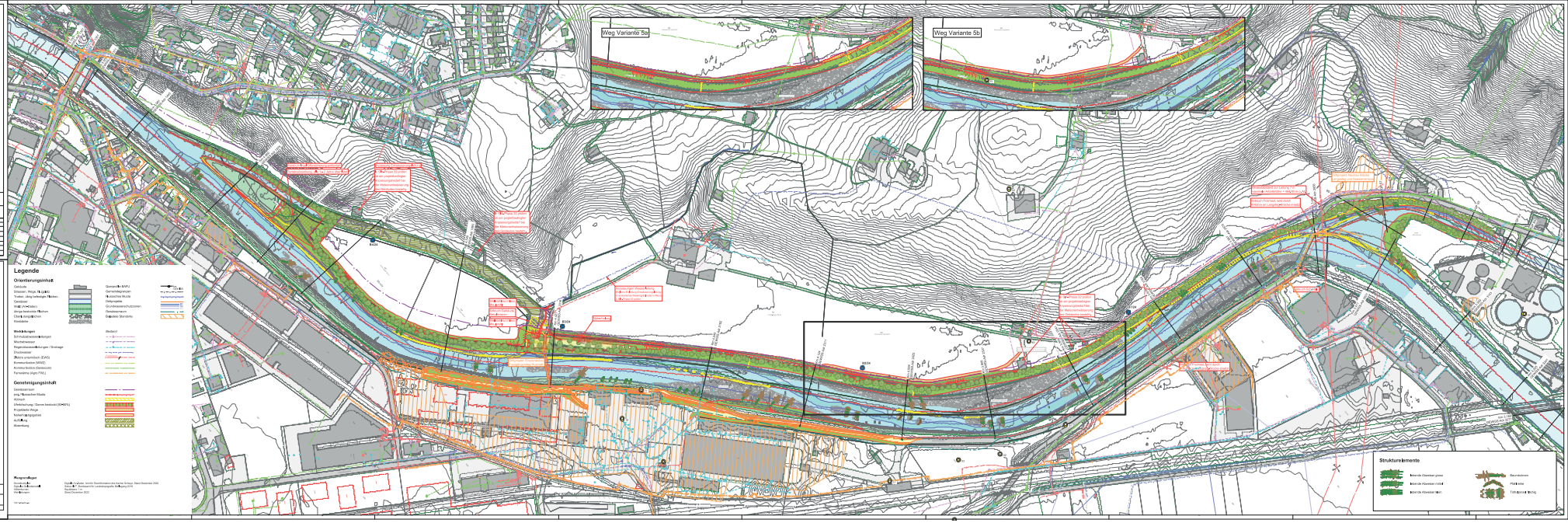
Situation 1:1000

Legende:

- B104 geplante Kernbohrung
- 12 offene Bohrung mit Identnummer AM
- Piezometer
- gerasterte/schraffierte Profil

	Datum	Name	Datum	Name	Beilage	1
					Bericht	12911
					Format	A1 / 841

Dr. von Moos AG Ingenieure - Berater



Revitalisierung Muota Abschnitt Kraftwerk Brunnen		Bericht: 12911 Beilage: 2
Auftraggeber: **Bezirk Schwyz / ebs Energie AG**	Bohrunternehmung: **Studersond AG, 3635 Uebeschi**	Geologische Begleitung: Dr. von Moos AG Geologie + Geotechnik
SONDIERBOHRUNG NR. B1/24 Höhenlage: 444.93 m ü.M. Neigung: vertikal Koordinaten: 2'689'645 / 1'207'151 Richtung: — Bohrart: Kernbohrung	**Bohrprofil Massstab 1 : 100** Ausführungsdatum: 04.04.2024 Bohrmeister: Marco Feuz	Aufnahme: Dr. B. Schneider, Geologe 04. April 2024 Gezeichnet : BS Format: A3

Verrohrung Kronen-Typ	Verrohrung Ø [mm]	Koten Höhen [m ü.M.]	Koten Tiefen ab OKT	Profil	Beschrieb des aufgeschlossenen Bohrgutes	Geologische Identifikation	Kernausbeute	Bemerkungen
HM	150		0.40		5 cm Grasnarbe, dann Silt, feinsandig, schwach kiesig, Komponenten bis ø 5 cm, kantig bis kantengerundet, erdfeucht, braun	Hangschutt	100 %	
		442.93	2.00		Silt, feinsandig, mit Kies, Steinen und Blöcken bis 24 cm, kantig, leicht kompakter Kern, erdfeucht, braun bis hellbraun			
		442.23	2.70		Mergel bis Siltstein, stark verwittert, teilweise zersetzt/zerbohrt, teilweise unverwitterte Quarz-/Calzitadern, braun bis beigebraun	verwitterter Fels (Stad-Mergel, Helvetikum)		

Revitalisierung Muota
Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Bericht: 12911
Beilage: 3

Auftraggeber:
Bezirk Schwyz / ebs Energie AG

Bohrunternehmung:
Studersond AG, 3635 Uebeschi

Geologische Begleitung:
Dr. von Moos AG
Geologie + Geotechnik

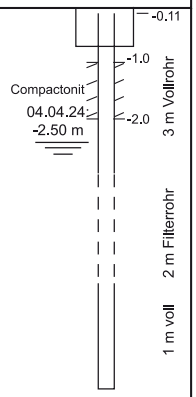
SONDIERBOHRUNG NR. B2/24

Höhenlage: 441.35 m ü.M.
Koordinaten: 2'689'389 / 1'206'793
Neigung: vertikal
Richtung: —
Bohrart: Kernbohrung

Bohrprofil Massstab 1 : 100
Ausführungsdatum: 04.04.2024
Bohrmeister: Marco Feuz

Aufnahme: Dr. B. Schneider, Geologe
04. April 2024
Gezeichnet : BS
Format: A3

Verrohrung Kronen-Typ	Verrohrung Ø [mm]	Koten Höhen [m ü.M.]	Koten Tiefen ab OKT	Profil	Beschrieb des aufgeschlossenen Bohrgutes	Geologische Identifikation	Kernausbeute	Bemerkungen
HM	150	440.55	0.80		5 cm Grasnarbe, dann Silt, schwach feinsandig, tonig, erdfeucht, braun ab 0.6 m kiesig, mit Steinen grösser ø 15 cm, kantig	Verlandungs-ablagerungen	100 %	4.5"-Piezo: OKR = 441.24
			2.20		Sand, sauber, vereinzelt mit Steinen grösser ø 15 cm, kantig, leicht kompakter Kern, erdfeucht bis feucht, braun	Muotaschotter		
			4.00		Kies, sandig, siltig, mit Steinen bis ø 14 cm, kantengerundet bis angerundet, erdfeucht bis feucht, braun			
			5.40		Kies, sandig, mit Steinen bis ø 12 cm, kantengerundet bis angerundet, feucht bis nass, braun bis graubraun 4 – 4.2 m: Sand, sauber, mit Kies			
		434.35	7.00		Kies, sandig, siltig, mit Steinen bis ø 11 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, braun			



Zürich, 22.04.24
12911-B3_KB2-24.ai

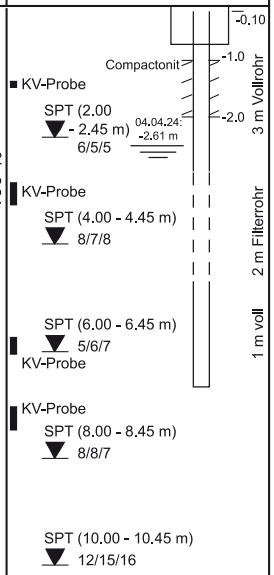
Bericht Nr. 12911
Beilage 3

Revitalisierung Muota Abschnitt Kraftwerk Brunnen		Bericht: 12911 Beilage: 4
Auftraggeber: **Bezirk Schwyz / ebs Energie AG**	Bohrunternehmung: **Studersond AG, 3635 Uebeschi**	Geologische Begleitung: Dr. von Moos AG Geologie + Geotechnik
SONDIERBOHRUNG NR. B3/24 Höhenlage: 440.55 m ü.M. Neigung: vertikal Koordinaten: 2'689'218 / 1'206'654 Richtung: — Bohrart: Kernbohrung	**Bohrprofil Massstab 1 : 100** Ausführungsdatum: 03. - 04.04.2024 Bohrmeister: Marco Feuz	Aufnahme: Dr. B. Schneider, Geologe 04. April 2024 Gezeichnet : BS Format: A3

Verrohrung Kronen-Typ	Verrohrung Ø [mm]	Koten Höhen [m ü.M.]	Koten Tiefen ab OKT	Profil	Beschrieb des aufgeschlossenen Bohrgutes	Geologische Identifikation	Kernausbeute
HM	150	439.85	0.70		10 cm Grasnarbe, dann Kies, schwach sandig, siltig, mit Steinen bis ø 10 cm, kantig bis kantengerundet, erdfeucht, braun, ab 0.4 m graubraun	künstliche Aufschüttung	100 %
		438.55	2.00		Silt, tonig, schwach feinsandig, vereinzelt mit Kies bis ø 4 cm, Schneckenschalen, erdfeucht, braun ab 1.8 m dünne Sandlagen mit orangeockerfarbenen Schlieren	Verlandungs-ablagerungen	
			3.00		Kies, sandig, siltig, mit Steinen bis ø 11 cm, kantengerundet bis angerundet, erdfeucht bis feucht, braun	Muotaschotter	
			5.00		Kies, sandig, siltig, mit Steinen bis ø 9 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, braun		
			6.80		Kies, sauber bis schwach sandig, mit Steinen bis ø 13 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, grau bis schwarzgrau		
			8.00		Kies, sandig, mit Steinen bis ø 10 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, braun 7.5 – 7.9 m: Mittel- bis Grobsand, sauber, braun		
			9.00		Kies, sauber bis schwach sandig, mit Steinen bis ø 10 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, grau bis schwarzgrau		
		430.55	10.00		Kies, sandig, mit Steinen bis ø 9 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, braun 9 – 9.15 m: Mittel- bis Grobsand, sauber, braun		

Bemerkungen

4.5"-Piezo:
OKR = 440.45



Revitalisierung Muota
Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Bericht: 12911
Beilage: 5

Auftraggeber:
Bezirk Schwyz / ebs Energie AG

Bohrunternehmung:
Studersond AG, 3635 Uebeschi

Geologische Begleitung:
Dr. von Moos AG
Geologie + Geotechnik

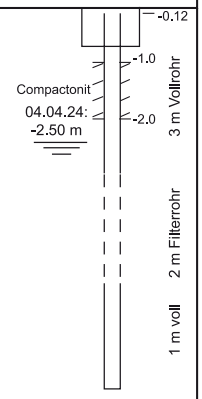
SONDIERBOHRUNG NR. B4/24

Höhenlage: 440.24 m ü.M.
Koordinaten: 2'689'011 / 1'206'571
Neigung: vertikal
Richtung: —
Bohrart: Kernbohrung

Bohrprofil Massstab 1 : 100
Ausführungsdatum: 03.04.2024
Bohrmeister: Marco Feuz

Aufnahme: Dr. B. Schneider, Geologe
04. April 2024
Gezeichnet : BS
Format: A3

Verrohrung Kronen-Typ	Verrohrung Ø [mm]	Koten Höhen [m ü.M.]	Koten Tiefen ab OKT	Profil	Beschrieb des aufgeschlossenen Bohrgutes	Geologische Identifikation	Kernausbeute	Bemerkungen
HM	150	439.79	0.45		10 cm Grasnarbe, dann Silt, schwach feinsandig, mit wenig Kies bis ø 2 cm, kantengerundet, durchwurzelt, erdfeucht, braun ab 0.3 m: Kies, sandig, mit Steinen bis ø 7 cm, kantig	künstliche Aufschüttung	100 %	4.5"-Piezo: OKR = 440.12
		438.79	1.45		Silt, schwach feinsandig, tonig, vereinzelt mit Kies bis ø 3 cm, kantengerundet, durchwurzelt, vereinzelt Schneckenschalen, erdfeucht, braun	Verlandungs-ablagerungen		
		427.24	3.00		Kies, sandig, siltig, mit Steinen bis ø 13 cm, kantig bis kantengerundet, erdfeucht, braun bis rotbraun 2.25 – 2.5 m: Silt, tonig, graubraun	Hangschutt		
		433.66	6.60		Kies, sandig bis stark sandig, Komponenten (Siltsteingerölle) bis ø 17 cm, kantig bis kantengerundet, nass, graubraun mit schwarzen Schlieren	Muotaschotter		
		432.76	7.50		Kies, steinig, siltig, schwach sandig, Komponenten bis ø 13 cm, kantengerundet bis angerundet, nass, grau bis schwarzgrau	Hangschutt		
		432.26	8.00		Mergel bis Siltstein, verwittert, zerbohrt, grau bis schwarzgrau	verwitterter Fels (Stad-Mergel, Helvetikum)		
		???.??						



Umschlagstationen für Massenschüttgut SBB		Bericht: 579092 Beilage: 2 11
Bauherrschaft **KHS K. Hürlimann Söhne AG, 6440 Brunnen**	Bohrunternehmung: E. Lutz Tiefbohrungen AG, Müllheim	Bauleitung: Dr. von Moos AG, Zürich
SONDIERBOHRUNG NR. B1 Eisenhöhe: 441.63 m ü M. Neigung: vertikal Koordinaten: 689613 / 206824 Richtung: Behaut	**Bohrprofil Massstab 1 : 50** Ausführungsdatum: 22 - 23 November 1994 Bohrmeister: Hr. Ch. Brunner	Aufnahme: Dr. B. Rick, Geologe Zürich, den 30.11.1994 Gezeichnet: Fa Format: 30 / 74

Verrohrung	Kote Höhen m ü. M.	Kote Tiefen ab OKR	Profil	Beschreibung des aufgeschlossenen Bohrgutes	Geologische Identifikation	OKR 442.38 m ü.M. Bemerkungen 2" PVC Piezometer
178 mm		0.60		Grasnarbe, toniger Silt, wenig Sand, stark humos, oxidiert, massig Steine eckig kantengerundet, dunkelbraun	Überschwemmungs- und Sumpfablagerungen	Tondichtung
		0.90		toniger Silt, wenig Sand, viel Kies, angerundet, humos, graubraun		
		1.10		toniger Silt, feinlagig, massig heller, kantiger Sand eingestreut, viel Schneckenschalenreste, in Lagen org Material angereichert, grauschwarz-olivgrau		
		2.10		toniger Silt, feinlagig, mit Einschaltung von dünnen Feinsandzwischenlagen, mässig org Material eingeschwemmt, olivgrau bräunlichgrau		
		3.60		dito, mit viel schlecht bis praktisch nicht zersetzten Holzresten 2.8 - 3.1 m nur Holz		-2.25m 2.12.94
		3.80		siltig/toniger Sand, massig Kies, angerundet, viel Holzreste, grauschwarz		
		4.40		leicht siltiger, lokal leicht toniger Kies, viel Sand, selten Steine, kantengerundet-angerundet, dunkelgrau 4.20 m Stein, kantengerundet Ø 13 cm	Muota-Schotter	
		5.10		siltiger Kies, kantengerundet, selten angerundet, viel Grobkies (Kalke, Kiesel, teils plattig), mit beigen Lehmresten		
		6.90		siltiger Kies, massig Sand, kantenger. angerundet, teils plattig, beigegrau 5.50 m mit eingeschwemmten Holzfasern 6.0 - 6.3 m gröber, mit mässig Steinen bis Ø 11 cm		KPV (5.5 - 6.5 m) Q = 70 l/min ΔH = 0.32 m k ~ 3 · 10⁻³ m/s
		6.90		Fein-Mittelkies, stark siltig/tonig verklebt, grau		
		8.90		wie 5.10 - 6.60 m, grau 7.90 m Stein, Kieselkalk Ø 12 cm		KPV (7.5 - 9.0 m) Q = 200 l/min ΔH = 2.08 m k ~ 4 · 10⁻⁴ m/s -8.25
		9.40		siltig/toniger Kies, viel Sand, kantengerundet bis leicht eckig, teils plattig, braunbeige bei 9.10 m stark rostig angewitterte Lehmlage		
		10.00		leicht lehmiger Kies, mässig Steine, mässig Sand, beigegrau		-9.25m
		10.40		wie 5.10 - 6.60 m, grau		
		11.20		dito, etwas gröber beigegrau		
		12.00		leicht lehmiger Kies, wenig Steine, kantengerundet, Sand teilweise auch splittartig, beigegrau, verbohrt aber in Lagen mehr Feinanteile angereichert, Lehmklumpchen 12.0 - 12.6 m etwas gröber		KPV (11.5 - 12.0 m) Q = 160 l/min ΔH = 2.32 m k ~ 5 · 10⁻⁴ m/s
		15.00		dito, markanter Farbwechsel, grau		KPV (14.5 - 15.0 m) Q = 185 l/min ΔH = 1.21 m k ~ 1 · 10⁻³ m/s
				leicht siltiger bis sauberer (ausgewaschener?) Sand, mässig bis in Lagen viel Kies, lokal Kies überwiegend, angerundet bis gerundet, selten kantengerundet, deutlich weniger Feinanteile als Hangendes und we		

10.00			
10.10	wie 5.10 - 6.00 m, grau	Muota-Schotter	
11.20	dito, etwas gröber beigegrau		
14.00	leicht lehmiger Kies, wenig Steine, kantengerundet, Sand teilweise auch splittartig, beigegrau, verbohrt aber in Lagen mehr Feinanteile angereichert, Lehmklumpchen 12.0 - 12.6 m etwas gröber		KPV (11.5 - 12.0 m) Q = 160 l/min ΔH = 2.32 m k ≈ 5 · 10⁻⁴ m/s
15.00	dito, markanter Farbwechsel, grau		KPV (14.5 - 15.0 m) Q = 185 l/min ΔH = 1.21 m k ≈ 1 · 10⁻⁵ m/s
17.70	leicht siltiger bis sauberer (ausgewaschener?) Sand, mässig bis in Lagen viel Kies, lokal Kies überwiegend, angerundet bis gerundet, selten kantengerundet, deutlich weniger Feinanteile als Hangendes und weniger grob, schwarz schwarzgrau		
18.00	leicht siltiger Sand, wenig Feinkies, angerundet, schwarz		
19.00	siltiger Sand, wenig Feinkies, mit Silt-Zwischenlagen, verbohrt, grau		
20.00	Sand, braunschwarz, mm-cm-Bänderung mit Siltzwischenlagen, beige, selten gerundetes Feinkies eingestreut 19.7 m einzelne Sandlagen rostig	Seeablagerungen	
20.70	dito, völlig breiig verbohrt, Siltanteil zunehmend, praktisch nicht tonig, grauschwarz		
21.60	Silt, lokal leicht tonig, feingebändert m-mm-cm Bereich mit mässig Feinsandzwischenlägchen, sauber, schwarzgrau		KPV (21.0 - 22.0 m) Q = 40 l/min ΔH = 1.63 k ≈ 1 · 10⁻⁴ m/s
22.00	dito, wirkt jedoch kompakter (Bohreffekt)		
25.80	Silt, feingebändert mit Feinsandlagen, vereinzelt Feinkies (dunkle Kalke) eingestreut, selten tonig, grau 24.80 m cm-Lage aus sauberem Fein-Mittelsand, schwarz		▼ SPT 11
26.60	Silt, leicht tonig, gegen unten stärker tonig werdend, feingeschichtet, grau		
28.20	toniger Silt, mm-Feinschichtung, plastisch, grau zuunterst dünne Feinsandlage		
28.50	toniger Silt bis siltiger Ton, Warvenschichtung, plastisch, weich, lokal dünne Silt-Feinsandlagen, grau		▼ SPT 13

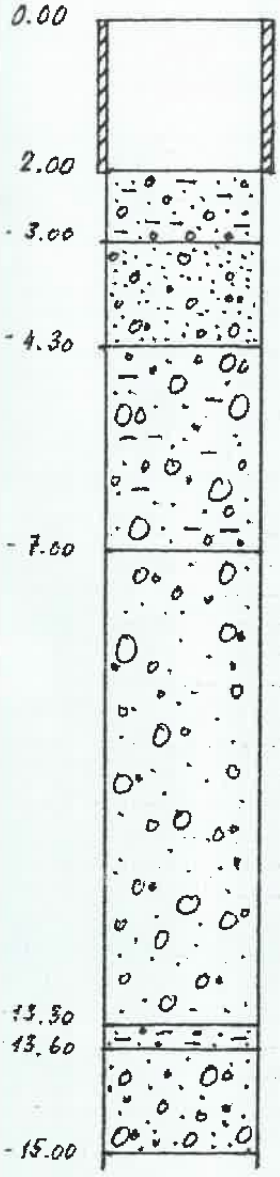
ARA SCHWYZ SONDIERBOHRUNG

4. MAI 1995 R. BIERI

Schwyz, Kern Friedhofbereich

~ 689990/207500

16



Schacht ϕ 100

tonig bis siltiger Kies, feucht, beige

Kiessand, trocken, grau, viele Feinanteile

Siltiger Kies mit Blöcken, feucht, grau

Sauberer Kies (schlecht abgestuft, viele Feinanteile, feucht

toniger Kies, beige

Kiessand, feucht, grau, viel Sand

Situation bei B1

18 7

KHS NEUBAU OFENANLAGE SONDIERBOHRUNG NR. B 2	BERICHT: 5790/4	BEILAGE: 5
	Stump Bohr AG ZÜRICH	
Bauherr: KHS K.Hürlimann Söhne AG, 6440 Brunnen	PLAN NR.: 95/2108-2	FORMAT: 30x71
	ZÜRICH, 7.11.1995	GEZEICHNET: E.S.
HÖHENLAGE: 440.95m ü. Meer KOORDINATEN: 689'360/206'638	NEIGUNG: VERTIKAL RICHTUNG:	Bohrung ausgeführt: 25.10.-30.10.1995 Bohrmeister: Herr Weber
BOHRPROFIL MASSSTAB 1:50		Prof. aufgenommen durch: Dr. von Moos AG, Zürich Dr. R.Rey

Bohrart	Höhen m über Meer	Tiefen ab OK Terrain	Profil	BESCHREIBUNG DES AUFGESCHLOSSENEN BOHRGUTES	GEOLOGISCHE IDENTIFIKATION	KERNAUSBEUTE %	BEMERKUNGEN
		0.40		Beton, in Bruchstücken verbaut.			0.19m
		0.80		siltiger Kies mit mässig Sand und vielen Betonbruchstücken, hellgrau	Auffüllung		Piezometer ø 2"
		1.05		Silt, leicht tonig, sandig, graubraun, mit wenig Kies, leicht humos, weich gelagert	Schwemmlehm		
Drehschlagbohr. ø 148mm				rel. sauberer bis leicht siltiger Kies mit reichlich Sand, grau, mit reichlich Steinen (ø bis 12 cm), überwiegend Mittel- und Grobkies, z.T. kantengerundet bis rel. gut gerundet; ab 2.90m weniger Steine, stärker sandig, lockerer gelagert			Wsp. vom 2.11.95 -2.90m ab OKR
		3.80		siltiger Kies mit reichlich Sand, graubeige, mit reichlich Steinen (ø bis 6 cm), Grobkies am stärksten vertreten, z.T. rel. gut gerundet; ab 4.50m stark siltig, beige; rel. lockerer gelagert			
		4.85		rel. sauberer Kies mit viel Grobsand, grau, alle Korngrössen etwa gleich stark vertreten, rel. gut gerundet, locker gelagert			Kleinpumpversuch UKB -5.05m UKV -4.80m ΔH 0.48m Q 190 l/min k~3x10 -3m/s
		5.30		stark siltiger Kies mit wenig Sand, mit vielen Steinen, mit grösserem Holzstück und Holzspänen; nass verklebt			
		5.70		siltiger Kies mit viel Mittel- und Grobsand, beige, mit vielen kleineren Steinen (ø ca. 6 cm); rel. gut gerundet, locker gelagert			
		6.00		siltiger bis stark siltiger Kies mit reichlich Sand, beigegrau, mit vielen Steinen (ø bis 7 cm); viel Grobkies, Komponenten kantengerundet und relativ gut gerundet ab 8.20m stark siltig, braunbeige, leicht verklebt, mit mässig Steinen (ø 6cm). Mittelkies am stärksten vertreten ab 9.20m zunehmend sandiger werdend			Kleinpumpversuch UKB 9.55m UKV -9.50m ΔH 106m Q 70 l/min k~2x10 -4m/s
		9.55		rel. sauberer Kies mit viel Grobsand, grau, mit einzelnen Steinen (ø bis 6 cm); z.T. Fein- und Mittelkies, kantengerundet und gerundet; locker gelagert			Anstiegversuch k~5x10-4m/s
		10.15		siltiger Kies mit reichlich Sand, beigegrau, mit wenigen Steinen (ø 7 cm). Fein- und Mittelkies am stärksten vertreten, kantengerundet und relativ gut gerundet; locker gelagert	Muota-Schotter		
Drehschlagbohr. ø 145mm		10.90		siltiger bis stark siltiger Kies mit reichlich Sand, beige, mit mässig Steinen (ø bis 9 cm), z.B. Fein- und Mittelkies, eckig und gerundet, locker gelagert bis leicht verklebt			
		11.65		siltiger Kies mit reichlich Sand, beige bis graubeige, mit vielen Steinen (ø bis 7 cm), Mittel- und Grobkies am stärksten vertreten; einzelne stark siltige Zwischenlagen bei 12.95-13.10m und 14.00-14.15m, relativ locker gelagert			

Kleinpumpversuch
UKB 9.55m
UKV 9.50m
ΔH 106m
Q 70 l/min
k ~ 2x10-4 m/s

Anstiegversuch
k ~ 5x 0-4 m/s

grau, mit vielen Steinen (ø bis 7 cm); viel Grobkies, Komponenten kantengerundet und relativ gut gerundet

ab 8.20m stark siltig, braunbeige, leicht verklebt, mit mässig Steinen (ø 6cm), Mittelkies am stärksten vertreten

ab 9.20m zunehmend sandiger werdend

9.55

rel. sauberer Kies mit viel Grobsand, grau, mit einzelnen Steinen (ø bis 6 cm); z.H. Fein- und Mittelkies, kantengerundet und gerundet; locker gelagert

10.15

siltiger Kies mit reichlich Sand, beigegrau, mit wenigen Steinen (ø 7 cm), Fein- und Mittelkies am stärksten vertreten, kantengerundet und relativ gut gerundet; locker gelagert

Muota-Schotter

Drehschlagbohr. ø 145mm

10.90

silliger bis stark siltiger Kies mit reichlich Sand, beige, mit mässig Steinen (ø bis 9 cm), z.H. Fein- und Mittelkies, eckig und gerundet, locker gelagert bis leicht verklebt

11.65

siltiger Kies mit reichlich Sand, beige bis graubeige, mit vielen Steinen (ø bis 7 cm), Mittel- und Grobkies am stärksten vertreten; einzelne stark siltige Zwischenlagen bei 12.95-13.10m und 14.00-24.10m, relativ locker gelagert

14.70

rel. sauberer Kies mit viel Grobsand, grau, z.H. Fein- und Mittelkies; locker gelagert

Absinkversuch
k ~ 1x10-4 m/s

15.20

leicht silliger Mittel- bis Grobsand, beigegrau, mit viel Fein- und wenig Mittelkies; relativ locker gelagert

15.80

sauberer Sand, grau, mittel- bis grobkörnig, mit viel Feinkies und auffallenden, weissen Körnern (Kalcit); locker gelagert

16.80

rel. sauberer bis leicht siltiger Fein- bis Mittelsand, graubraun, homogen, einzelne etwas kompaktere Kernstücke, sonst locker gelagert; unterste 20 cm feinkörnig

18.15

rel. sauberer bis leicht siltiger Kies mit viel Mittel- und Grobsand, grau, z.H. Fein-, wenig Mittelkies, kantengerundet und gerundet, locker gelagert

19.65

rel. sauberer Mittel- und Grobsand, grau, mit viel Feinkies und wenig Mittelkies, kantengerundet; locker gelagert

Absinkversuch
k ~ 3x 0-4

21.00

dito, leicht siltig bis siltig, mit reichlich Mittelkies

21.75

rel. sauberer bis leicht siltiger Mittelsand, grau, mit wenig Kies, vereinzelte etwas kiesige Zwischenlagen, ab 22.80m etwas grobsandiger werdend, mit einzelnen Siltzwischenlagen, beige; keine kompakten Kerne, weich gelagert

ø 125mm

24.15

leicht siltiger Mittelsand, gelblichbraun

Seeablagerungen

25.60

rel. sauberer bis leicht siltiger Sand, grau, bis 25.80m fein- bis mittelkörnig, von 25.80-26.30m mittel- bis grobkörnig; keine kompakte Kerne

26.30

leicht siltiger bis siltiger Fein- bis Mittelsand, grau, mit einzelnen Siltzwischenlagen, keine kompakten Kernstücke, jedoch einzelne etwas kompaktere Kernbruchstücke; ab 27.05m leicht tonig

27.15

toniger Silt, grau, bis 27.40m mit reichlich Sandzwischenlagen, darunter stärker tonig werdend, weichplastisch

28.50

28.50

SPT 11/17/18

Filterstrecke bei B1

19 B

KHS NEUBAU OFENANLAGE SONDIERBOHRUNG NR. B 3	BERICHT: 5790/4	BEILAGE: 6
	Stump Bohr AG ZÜRICH	
Bauherr: KHS K.Hürlimann Söhne AG, 6440 Brunnen	PLAN NR. 95/2108-3	FORMAT: 30x39
	ZÜRICH, 7.11.1995	GEZEICHNET: E.S.
HÖHENLAGE: 439.80m ü. Meer KOORDINATEN: 689'428/206'642	NEIGUNG: VERTIKAL RICHTUNG:	Bohrung ausgeführt: 31.10.-2.11.1995 Bohrmeister: Herr Weber
BOHRPROFIL MASSSTAB 1:50		Profil aufgenommen durch: Dr. von Moos AG,Zürich Dr.R.Rey

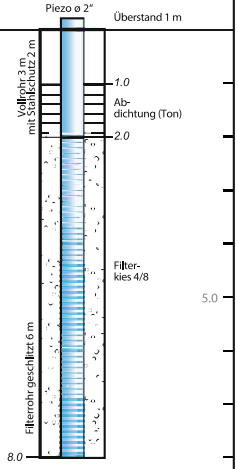
Bohrart	Höhen m über Meer	Tiefen ab OK Terrain	Schichtstärke	Profil	BESCHREIBUNG DES AUFGESCHLOSSENEN BOHRGUTES	GEOLOGISCHE IDENTIFIKATION	KERNAUSBEUTE 25 50 100%	BEMERKUNGEN
Drehschlagbohr. ϕ 168mm		0.25			Beton,mit Armierungseisen,durchbohrt, z.T. zerbohrt			0.15m
		0.80			leicht siltiger Kies mit mässig Sand und vielen Steinen (ϕ bis 9 cm)	Auffüllung		Piezometer ϕ 2"
		1.50			Silt,leicht tonig bis tonig, bis 1.10m grau mit rostbraunen Lagen,darunter beigebraun, mit wenig Kies,vielen Schneckenschalenbruchstücken und einzelnen Kohleschmitzen;kompakte Kerne,weich	Ueberschwemm.-Ablagerungen		
ϕ 145mm		1.85			leicht siltiger Kies mit mässig Sand,grau,z.H. Mittelkies, kantengerundet;locker gelagert			Wsp. 2.11.95 -1.71m ab OKR
		2.65			stark siltiger Kies,bis 2.15m mit viel,darunter mit reichlich Sand,beige, viel Mittel- und Grobkies,kantengerundet bis gerundet; locker gelagert			
		3.60			siltiger Kies mit viel Sand,beigegrau, mit einzelnen Steinen (ϕ bis 6 cm)z.H. Mittel- und Grobkies,eckig und kantengerundet, teils plattig; locker gelagert;von 3.10-3.25m Zwischenlage von leicht siltigem Mittelsand,braun,mit wenig Kies,kompakter Kern			UKB -3.50m UKV -3.50m ΔH 0.38m Q 210 l/min k~ 3x10-3m/s
		3.80			dito,stark siltig			
		4.20			sauberer Mittel- und Grobkies mit wenig bis mässig Sand, grau,Komponenten kantengerundet bis rel. gut gerundet; locker gelagert			
		5.60			stark siltiger bis siltiger Kies mit mässig bis reichlich Sand,graubeige,mit reichlich Steinen (ϕ bis 6 cm), z.H. Mittel- und Grobkies, rel. gut gerundet, rel. locker gelagert	Muota-Schotter		
		6.00			dito, mit viel Sand und wenigen Steinen (ϕ 6 cm)			
		6.60			leicht siltiger bis siltiger Kies mit reichlich Sand, beigegrau,viel Grob- und Mittelkies, rel. gut gerundet, locker gelagert			
		8.65			stark siltiger Kies mit reichlich Sand und einzelnen Steinen (ϕ bis 12 cm), z.H. Mittel- und Grobkies; leicht verklebt, rel. locker gelagert von 7.85-8.20m gelblichbraun von 8.20-8.65m beige, stark verklebt,nass			
		9.05			Silt,leicht tonig,sandig,mit einzelnen sandigen Zwischenlagen,beige,wassergesättigt,weich bis zerflossen	Ueberschwemm. Ablagerungen		
		9.65			Holz, z.T. durchbohrt, z.T. zu Holzspänen zerbohrt, 15cm langes Kernstück			
		12.00			siltiger bis stark siltiger Kies mit wenig bis reichlich Sand, graubeige bis beige, mit reichlich Steinen (ϕ bis 7 cm), viel Grobkies,kantengerundet bis rel. gut gerundet. Bis 10.40m mit Holzspänen (wahrscheinlich von oben verschleppt); Feinanteil rel. stark ausgewaschen,locker gelagert, in Bohrung jedoch standfest	Muota-Schotter		

Objekt : Ingenbohl, Erschliessung Brunnen Nord	Auftrag Nr. : 2317198.1	Plan Nr. : 2317198.1_KB 01-17	GEOTEST — GEOLOGEN / INGENIEURE / GEOPHYSIKER / UMWELTFACHLEUTE
Bohrprofil KB 01/17	Ausführungs-datum : 23.11 - 27.11.2017	Aufgenommen : R. Kaiser	
	Unternehmung : Gebr. Mengis AG	Gezeichnet : Sw	
	Bohrmeister : J. Rüdisüli	Geprüft : R. Kaiser	GEOTEST AG, GRISIGENSTRASSE 6, CH-6048 HORW
	Bohrmethode : Rotationskernbohrung	Format : A3	T + 41 (0)41 349 24 50, F + 41 (0)41 349 24 51, horw@geotest.ch
Massstab 1:100	Koordinaten : 2'689'671 / 1'206'941	Terrainkote : ca. 441.94 m ü.M. OK-Rohr : ca. 443.07 m ü.M.	

Bohr -ø mm | Tiefe | Profil | Wasser-eintritt / Wsp. | Proben (un-gestört / gestört)

Tiefe	Materialbeschreibung	Geologische Interpretation
0.60	Grasnarbe, Humus, locker, dunkelbraun	Deckschicht A
	Mittelsand, mässig siltig, schwach bis mässig fein- / mittelkiesig, ab 1.2 m vereinzelt feinkiesig, locker, braun	Überschwemmungs-ablagerungen B
2.00	Kies (Komponenten kantengerundet bis gerundet), schwach siltig, mässig sandig, ab 2.7 m vereinzelt siltig, locker, dunkelgrau	SPT = 2/2/3 N = 5
3.00	Kies (Komponenten kantengerundet bis gerundet), mässig sandig, mit Steinen, ab 3.5 m stark sandig, locker, dunkelgrau	
4.00	Kies (Komponenten kantengerundet bis gerundet), sauber, mit Steinen, locker, hellgrau	
5.20	Kies (Komponenten kantengerundet bis gerundet), schwach sandig, mit Steinen, locker, hellgrau	
5.40	Silt, mässig fein- / mittelsandig, schwach fein- / mittelkiesig, ms, dunkelgrau	
5.80	Fein- / Mittelkies, stark sandig, ab 6.0 auch Grobkies, locker, hellbraun	SPT = 4/4/5 N = 9
6.40	Sand, mässig fein- / mittelkiesig, locker, dunkelgrau	
7.40	Kies, schwach fein- / mittelsandig (zwischen 8.0 - 8.3 m sauber), locker, hellgrau - dunkelbeige	Fluss-ablagerungen C
9.30	Silt, mässig feinsandig, vereinzelt feinkiesig (zwischen 9.3 - 9.5 m wenig organ. Resten: Holz), locker, dunkelgrau - dunkelbraun	
9.80	Kies, stark sandig, locker, hellbraun - dunkelbeige - grau	
12.00	Sand, mässig kiesig, ab 12.8 m stark kiesig, sehr dicht, hellbraun - dunkelbeige - grau	SPT = 10/28/38 N = 66
13.40	Kies, mässig bis stark sandig, sehr dicht, hellbraun - dunkelbeige - grau	
15.00	Sand, schwach bis mässig fein- / mittelkiesig, ab 16.2 m vereinzelt feinkiesig, sehr dicht, dunkelgrau	
18.00	Mittelsand, sehr dicht, dunkelbeige - grau	Delta-ablagerungen D SPT = 22/25/40 N = 65
22.00	Wechsellagerung: - Feinsand, teilweise Mittelsand, mässig bis stark siltig, locker - Silt, mässig bis stark feinsandig, steif dunkelbeige - grau	SPT = 12/5/4 N = 9 See-ablagerungen E
30.00		SPT = 7/11/12 N = 23

Einbau



Anhang C

Kostenteiler

6.460 Revitalisierung Muota, Abschnitt KW Brunnen
Kostenteiler

Pos.		Seeweren + Muota Abschnitt A	Muota Abschnitte B + D	Muota Abschnitt C	Total
1	**KV total, inkl. MWSt.**	**CHF 1'443'100.00**	**CHF 10'863'400.00**	**CHF 798'900.00**	**CHF 13'105'400.00**
2	**KV total, exkl. MWSt.**	**CHF 1'335'000.00**	**CHF 10'049'400.00**	**CHF 739'000.00**	**CHF 12'123'400.00**
3	Beitrag ebs	**CHF 0.00**	**CHF 3'296'525.00**	**CHF 739'000.00**	**CHF 4'035'525.00**
6	Gebühren, Bewilligungskosten, Verschiedenes (37.5%)	CHF 2'250.00	CHF 16'500.00		CHF 18'750.00
7	Deponiekosten (37.5%)	CHF 0.00	CHF 161'000.00		CHF 161'000.00
4	Beitrag Werkeigentümer, Beitrag Nova Brunnen		CHF 800'000.00		CHF 800'000.00
5	**Zwischentotal (abzüglich Beitrag ebs + weitere)**	**CHF 1'335'000.00**	**CHF 5'952'875.00**		**CHF 7'287'875.00**
6	Gebühren, Bewilligungskosten, Verschiedenes (62.5%), nicht beitragsberechtigt	CHF 3'750.00	CHF 44'000.00		CHF 47'750.00
7	Deponiekosten (62.5%), nicht beitragsberechtigt	CHF 0.00	CHF 268'300.00		CHF 268'300.00
8	Instandstellung Steg Husmatt, nicht beitragsberechtigt		CHF 65'000.00		
9	**Zwischentotal (nicht subventionsberechtigte Kosten)**	**CHF 3'750.00**	**CHF 377'300.00**		**CHF 381'050.00**
10	**Zwischentotal (subventionsberechtigte Kosten)**	**CHF 1'331'250.00**	**CHF 5'575'575.00**		**CHF 6'906'825.00**
11	Beiträge Bund	55%	55%		
		CHF 732'187.50	**CHF 3'066'566.25**		**CHF 3'798'753.75**
12	Beiträge Kanton	15%	15%		
		CHF 199'687.50	**CHF 836'336.25**		**CHF 1'036'023.75**
13	Beiträge Bezirk	20%	20%		
		CHF 266'250.00	**CHF 1'115'115.00**		**CHF 1'381'365.00**
13	**Zwischentotal Restkosten**	**CHF 133'125.00**	**CHF 557'557.50**		**CHF 690'682.50**
14	Beiträge Gemeinde Ingenbohl (neuer Uferweg)	**CHF 0.00**	**CHF 8'100.00**		**CHF 8'100.00**
15	**Restkosten inkl. nicht subventionsberechtigte Kosten**	**CHF 136'875.00**	**CHF 926'757.50**		**CHF 1'063'632.50**
16	Beitrag Bezirk Schwyz	**CHF 136'875.00**	**CHF 926'757.50**		**CHF 1'063'632.50**

CHF 0.00

Berechnung Beitrag ebs		
	Muota Abschnitte B + D	CHF 10'049'400.00
	Muota Abschnitt C	CHF 739'000.00
	Total Abschnitte mit ebs-Beteiligung	**CHF 10'788'400.00**
	Abzug Steg Husmatt	0.00
	Abzug Naherholung + Uferweg	27'000.00
	Total Abzug von ebs-Beteiligung	**27'000.00**
	Projektkosten inkl. ebs-Beteiligung	CHF 10'761'400.00
	Anteil ebs-Beteiligung %	37.5%
	Total Beitrag ebs	**CHF 4'035'525.00**

Steg Husmatt geht nicht zulasten Revitalisierungsprojekt, Kostenteiler für den Steg Husmatt sind zwischen ebs und Bezirk (ggf. weiteren) separat noch zu vereinbaren

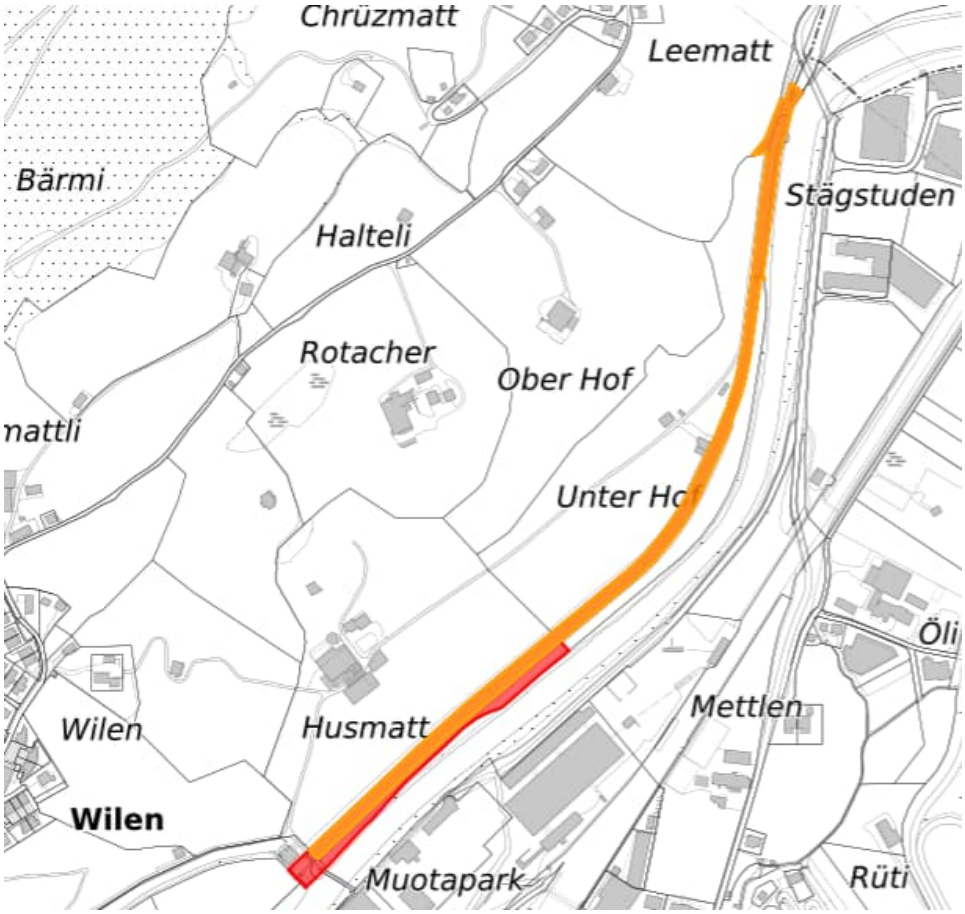
gemäss UVB Konzessionserneuerung und Vereinbarung

Anhang D

Untersuchungsbericht Bauschadstoffe Gebäude KW Brunnen

Bauschadstoffbericht

Untersuchung vor Rückbau



Version 1.0 vom 18.04.2024 Nr.240225

Bauherrschaft:

ebs Energie AG
Bau + Infrastruktur
Riedstrasse 17
6431 Schwyz

Auftraggeber:

ebs Energie AG
Bau + Infrastruktur
Riedstrasse 17
6431 Schwyz

Verfasser:

Vincent Guilloud

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3
1.1 Projektdaten 3
1.2 Ausgangslage und Auftrag 4
1.3 Zielsetzung 4
1.4 Relevante Grundlagen 4
2 Ausgeführte Untersuchung 5
2.1 Ausgeführte Arbeiten 5
2.2 Probenahme und Analytik 5
2.3 Bemerkungen 5
3 Resultate 6
3.1 Zusammenfassung Befund 6
3.2 Datenblätter schadstoffhaltige Befunde 9
Anhang 17
Anhang 1 Datenblätter schadstofffreie Befunde 17
Anhang 2 Gesetzliche Grundlagen 27
Anhang 3 Haftungsbeschränkung 27
Anhang 4 Analyseberichte 28

1 Einleitung

1.1 Projektdaten

Bauherrschaft	ebs Energie AG Bau + Infrastruktur Riedstrasse 17 6431 Schwyz
Auftraggeber	ebs Energie AG Bau + Infrastruktur Riedstrasse 17 6431 Schwyz
Untersuchungsdatum	04.04.2024
Projekt-Nr.	240225
Projektbezeichnung	Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen
Abschnitt 1: Gebäude mit Schleusen	
Grundstück-Nr.	386
Gebäude-Nr.	322
Abschnitt 2: Gebäude mit Schleusen	
Grundstück-Nr.	386
Gebäude-Nr.	321
Abschnitt 3: Gebäude mit Schleusen	
Grundstück-Nr.	431/386
Gebäude-Nr.	372
Baujahr	Vor 1990

1.2 Ausgangslage und Auftrag

Die ebs Energie AG plant eine Revitalisierung entlang der Muota im Bereich zwischen Seewen und Brunnen. Geplant ist der Rückbau aller Gebäude und Schleusen sowie das Kraftwerk. Die bestehenden Gebäude werden Rückgebaut und die Uferzonen revitalisiert. Im Bereich steht ein Kraftwerk und 3 Schleusenanlagen. Diese sind verteilt auf 3 Abschnitte.
Der Abschnitt ist nicht im Kataster der belasteten Standorte.
Aufgrund des Baujahres vor 1990 und den verwendeten Baumaterialien besteht ein Verdacht auf Bauschadstoffe.
Bei Verdacht auf Bauschadstoffe sind diese zu ermitteln (gesetzliche Ermittlungspflicht gemäss Bauarbeitenverordnung BauAV, Art. 3 und gemäss Abfallverordnung VVEA, Art 16).

Die Firma Guilloud Gebäudediagnostik GmbH wurde von der Firma ebs Energie AG aufgeboten, die Bauschadstoffuntersuchung durchzuführen.

1.3 Zielsetzung

Gesundheits- und umweltgefährdende Materialien zu identifizieren, analysieren und dokumentieren ist Ziel der Gebäudeuntersuchung.
Der Bauschadstoffbericht dient als Grundlage für den Rückbau der Gebäude und Schleusen.
Einerseits, damit die sachgerechte und gesetzeskonforme Entsorgung der schadstoffhaltigen Bauteile sichergestellt werden kann.
Andererseits, dass die Sanierung von schadstoffhaltigen Materialien geplant und ausgeführt werden kann.
Es wird klar definiert, welche Arbeiten von einer spezialisierten Sanierungsfirma ausgeführt werden müssen.
Die spezialisierten Sanierungsfirmen können auf der Homepage der SUVA gefunden werden.
Der Bericht gilt nicht als Entsorgungskonzept gemäss VVEA.

1.4 Relevante Grundlagen

Der Bericht wurde nach Stand der Technik ausgeführt. Als Hauptbestandteil dienen die aktuellen gesetzlichen Grundlagen, Merkblätter und Richtlinien.
Relevante gesetzliche Grundlagen und Merkblätter sind im Anhang aufgelistet.
Falls in der Zwischenzeit von Berichterstattung und Sanierung neue Richtlinien oder Merkblätter erscheinen sind diese zu berücksichtigen und allenfalls der Bericht anzupassen.
Es besteht die Möglichkeit, dass während der Sanierung schadstoffhaltige Materialien zum Vorschein kommen, welche während der Bauschadstoffuntersuchung nicht ersichtlich waren auf Grund der Unzugänglichkeit. Wie zum Beispiel in Zwischenböden, Wänden oder Steigschächten. In diesem Fall ist ein Schadstoffspezialist oder Bauschadstoffdiagnostiker aufzubieten, um die Sachlage und Gefährdung zu beurteilen und anschliessend neue Massnahmen zu empfehlen.

2 Ausgeführte Untersuchung

2.1 Ausgeführte Arbeiten

- Auftragsanalyse mit den vorhandenen Unterlagen
- Begehungen aller Räume
- Aufnahme verdächtiger Materialien inkl. Beprobung
- Versand der Proben an das Labor
- Auswertung, Interpretation und Dokumentation der Resultate
- Grobes Ausmass der schadstoffhaltigen Materialien

2.2 Probenahme und Analytik

Für die Bauschadstoffuntersuchung wurden gezielt Proben von verdächtigen Materialien genommen. Wenn Bauteile durch den Bauschadstoffdiagnostiker nicht demontiert/sondiert werden können, aber Schadstoffe vermutet werden, wird das Bauteil gemäss Datenblatt als Verdacht eingestuft.

Verputz:	Verputzproben werden systematisch als Mischprobe erstellt.
Fliesenkleber:	Es wurden keine Mischproben erstellt.
Labor Asbestanalyse:	Analysis Lab S.A., Eckweg 8a, 2504 Biel *Rasterelektronen-Mikroskop nach ISO 22'262-1*
PAK/PCB:	Analysis Lab S.A., Route de l'Etrier, 5, 1950 Sion *BAFU-S13 Richtlinie*
TOC400/Schwermetalle:	*SCITEC Research SA* *Gemäss DIN 19539 & EPA 200.7, ISO 17025*

2.3 Bemerkungen

Alle Gebäude und Schleusen wurden untersucht. Es konnten alle Räume begutachtet werden.

Auf Planunterlagen wurde verzichtet, da die Datenblätter der schadstoffhaltigen befunden eindeutige und klare Angaben zur Sanierung geben.
Es wurde auf eine Dringlichkeitsbeurteilung verzichtet, da das Gebäude nicht bewohnt und in naher Zukunft abgebrochen wird.

Personen, die in Räumen mit asbesthaltigen Materialien Unterhalts-, Reparatur-, Reinigungsarbeiten usw. ausführen, sind über das vorhandene asbesthaltige Material und die davon ausgehende Gefahren in Kenntnis zu setzen.

3 Resultate

3.1 Zusammenfassung Befund

Im folgenden Abschnitt wird aufgezeigt, wo schadstoffhaltige Materialien aufzufinden sind und in welcher Menge.

Bereich	Pos Nr.	Bauteil mit Beschreibung	Ausmass	Bestimmung		Befund				Massnahmen
				Lab.	Exp.	Asb.	PCB	PAK	Div.	
Abschnitt 1										
Schleuse 1	01	Beschichtung, Geländer & Schleuse 1		x						-
Schleuse 2	02	Beschichtung, Schleuse 2		x						-
Gebäude 1	03	Beschichtung, Antriebswelle		x						-
Gebäude 1	03a	Beschichtung, Antriebswelle		x						-
Gebäude 1	04	Beschichtung, Gegengewicht		x						-
Gebäude 1	04a	Beschichtung, Gegengewicht	ca. 10m^2	x			x			Instruierte Handwerker
Gebäude 1	04b	Beschichtung, Gegengewicht		X						-
Gebäude 1	05	Beschichtung, Stahlbauteile innen		X						-
Gebäude 1, Fassade	06	Fassadenputz		X						-
Gebäude 1, Fenster	07	Fensterkitt		X						-

Abschnitt 2										
Gebäude 2, Schleuse 3	08	Beschichtung, Schleuse 3		x						-
Abschnitt 3										
Gebäude 3, DG	09	Dachpappe		x						-
Gebäude 3, Schleuse 4	10	Beschichtung, Schleuse 4		x						-
Gebäude 3	11	Innenputz, Mischprobe		x						-
Gebäude 3	12	Beschichtung, Turbinen		x						-
Gebäude 3, Fassade	13	Verputz, Mischprobe		x						-
Gebäude 3, Fenster	14	Fensterkitt	ca. 10St.	x		x				Instruierter Handwerker
Gebäude3, UG, Turbinenraum	15	Beschichtung, Turbinenraum		x						-
Gebäude 3, UG Turbinenraum	15a	Beschichtung, Turbinenraum		x						-
Gebäude 3, DG	16	Schlacke	ca. 15m^3	x				x	x	Instruierter Handwerker
Gebäude 3, DG	17	Faserzement	ca. 2m^2	x		x				Instruierter Handwerker
Gebäude 3, EG	18	Bodenbeschichtung, Mischprobe		x						-
Gebäude 3, EG	19	Elektrotableau	1 St.		x	x				Sanierungsfirma
Gebäude 3, EG	20	Rohrdämmung	n.e.		x				V	Instruierter Handwerker
Gebäude 3, UG-DG	21	IT-Dichtungen	ca. 10St.		x	V				Instruierter Handwerker
Gebäude 3, UG	22	Bodenplatte			x				x	-

Legende:			
Lab.	= Labor	PAK	= polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Exp.	= Expertenentscheid	Pb	= Blei
Asb.	= Asbest	S	= Schlacke
PCB	= polychlorierte Biphenyle	V	= Verdachtsmoment
CP	= Chlorparaffine	n.e.	= nicht ermittelt

3.2 Datenblätter schadstoffhaltige Befunde

Pos.-Nr. 04a	Farbbeschichtung		
Bauteil Stockwerk Bereich	Antrieb Gegengewicht EG Gebäude-Nr. 322	Bestimmung	☒ **Labor** ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
Ausmass Total	**ca. 10m²**	Befund	Summe PCB 199.95mg/kg
Massnahme	**Referenz PCB-Emissionen beim Korrosionsschutz (BAFU)**	Ausführung durch	☐ Sanierungsfirma ☒ **Instruierte Handwerker**
Entsorgung	**KVA**	VeVA-Code	**17 09 02 S**

Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau

- Ablaugen
- Nassstrahlverfahren
- Trocken- und Feuchtstrahlverfahren

Bemerkung

- Der Anstrich wurde auf das Bauteil gerechnet und der Endwert ergab 3.07mg/kg im Bauteil. Somit muss der Anstrich vorgängig entfernt werden, bevor die Bauteile fachgerecht entsorgt werden können.

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 14	Fensterkitt		
Bauteil Stockwerk Bereich	Fensterrahmen EG-DG, Gebäude-Nr. 372 Fassade	Bestimmung	☒ **Labor** ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
Ausmass	**ca. 10 St. Fenster**	Befund	**Asbest festgebunden**
Massnahme	**Sanierung gemäss** Suva Factsheet 33043	Ausführung durch	☐ Sanierungsfirma ☒ **Instruierte Handwerker**
Entsorgung	**Deponie Typ E**	VeVA-Code	**17 06 05 S**

Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau

PSA		Zone		Weiteres	
☒	**Einwegmaske FFP3**	☒	**Im Freien**	☐	Künstliche Lüftung
☒	**Handschuhe und Schutzbrille**	☐	1-Kammer Schleuse	☐	Unterdruck 20Pa
☐	Frischluftzufuhr	☐	4-Kammer Schleuse	☐	Quellenabsaugung
☒	**Einwegschutzanzug Kat. 3 Typ 5/6**	☐	Material Schleuse	☐	Luftmessung

Bemerkung

Fotodokumentation

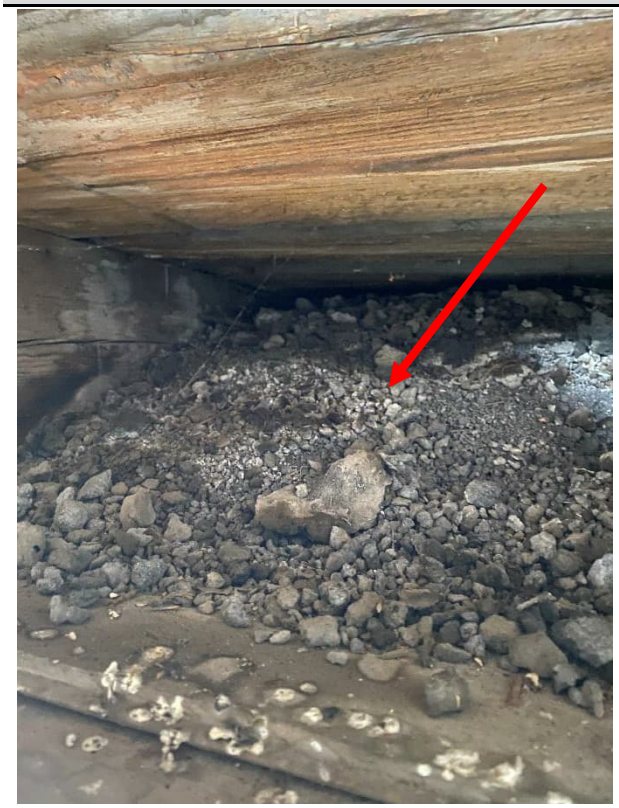
Pos.-Nr. 16	Schlacke		
Bauteil Stockwerk Bereich	Decke DG, Gebäude-Nr. 372 Zwischenboden	Bestimmung	☒ **Labor** ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
Ausmass	**ca. 15m³**	Befund	**Gemäss Anhang 4**
Massnahme	**Von Hand oder mit Saugbagger entfernen**	Ausführung durch	☐ Sanierungsfirma ☒ **Instruierte Handwerker**
Entsorgung	**Deponie Typ B**	VeVA-Code	**17 09 04 ak**

Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau

PSA		Zone		Weiteres	
☒	**Einwegmaske FFP3**	☐	Abgegrenzte Zone	☒	**Natürliche oder künstliche Lüftung**
☒	**Handschuhe**	☐	1-Kammer Schleuse	☒	**Rauch- und Essverbot in der Nähe des Arbeitsbereichs**
☐	Frischluftzufuhr	☐	4-Kammer Schleuse	☒	**Zugang für Drittpersonen verhindern**
☒	**Einwegschutzanzug Kat. 3 Typ 5/6**	☐	Material Schleuse	☐	Luftmessung

Bemerkung

Fotodokumentation



Pos.-Nr. 17	Faserzementplatten		
Bauteil Stockwerk Bereich	Faserzementplatte DG, Gebäude-Nr. 372 Estrich	Bestimmung	☒ **Labor** ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
Ausmass	**Ca. 2 m²**	Befund	Asbest festgebunden
Massnahme	Suva-Merkblatt 84053 Suva Factsheet 33031	Ausführung durch	☐ Sanierungsfirma ☒ **Instruierte Handwerker**
Entsorgung	**Deponie Typ B**	VeVA-Code	**17 06 98**

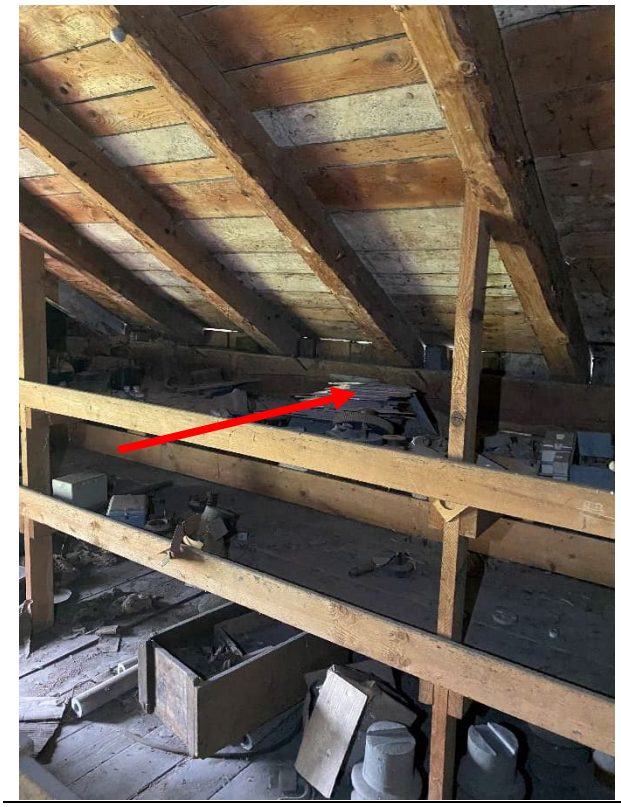
Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau

PSA		Zone		Weiteres	
☒	**Einwegmaske FFP3**	☒	**Abgegrenzte Zone**	☒	**Schlussreinigung**
☒	**Handschuhe**	☐	1-Kammer Schleuse	☐	Unterdruck 20Pa
☐	Frischluftzufuhr	☐	4-Kammer Schleuse	☒	**Quellenabsaugung**
☒	**Einwegschutzanzug Kat. 3 Typ 5/6**	☐	Material Schleuse	☐	Luftmessung

Bemerkung

- Mehrere lose Platten im Dachgeschoss.

Fotodokumentation



Pos.-Nr. 19	Elektrotableau		
Bauteil Stockwerk Bereich	Elektrotableau EG, Gebäude-Nr. 372 Technikraum	Bestimmung	☐ Labor ☒ **Expertenentscheid** ☐ Verdacht
Ausmass	**1 St.**	Befund	Asbest fest- und schwachgebunden
Massnahme	**Sanierung gemäss** Suva Factsheet 33036	Ausführung durch	☒ **Sanierungsfirma** ☐ Instruierte Handwerker
Entsorgung	**Deponie Typ E**	VeVA-Code	**17 06 05 S**

Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau

PSA		Zone		Weiteres	
☒	**Halbmaske mit Partikelfilter P3**	☒	**Abgegrenzte Zone**	☒	**Künstliche Lüftung**
☒	**Hand- und Überziehschuhe**	☐	1-Kammer Schleuse	☒	**Schlussreinigung**
☐	Frischluftzufuhr	☐	4-Kammer Schleuse	☒	**Quellenabsaugung**
☒	**Einwegschutzanzug Kat. 3 Typ 5/6**	☐	Material Schleuse	☐	Luftmessung

Bemerkung

- Die Demontage von SGK (Elektrotableaus) kann durch einen instruierten Elektriker erfolgen, welcher die Suva-/VSEI-Asbest-Ausbildung "Asbest" absolviert hat. Anschliessend das Elektrotableau einem Suva-anerkannten Schadstoffsanierer übergeben.
- Falls die LAP nur entfernt werden kann mittels Schleifen oder in dem diese zerstört wird, ist die Sanierung gemäss EKAS 6503, Kap. 7 zu erfolgen.

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 20	Dämmung Rohrleitungen		
Bauteil Stockwerk Bereich	Dämmung mit (PUR) EG, Gebäude-Nr. 372 Technikraum	Bestimmung	☐ Labor ☐ Expertenentscheid ☒ **Verdacht**
Ausmass	**n.e.**	Verdacht	**Ozon- und klimaschädliche Gase in Treibmittel (FCKW)**
Massnahme	**Möglichst zerstörungsfreier, staubarmer Rückbau**	Ausführung durch	☐ Sanierungsfirma ☒ **Instruierte Handwerker**
Entsorgung	**KVA**	VeVA-Code	**17 06 03 S**

Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau

PSA		Zone		Weiteres	
☐	Einwegmaske FFP3	☐	Abgegrenzte Zone	☐	Künstliche Lüftung
☐	Handschuhe	☐	1-Kammer Schleuse	☐	Unterdruck 20Pa
☐	Frischluftzufuhr	☐	4-Kammer Schleuse	☐	Quellenabsaugung
☐	Einwegschutzanzug Kat. 3 Typ 5/6	☐	Material Schleuse	☐	Luftmessung

Bemerkung

Fotodokumentation

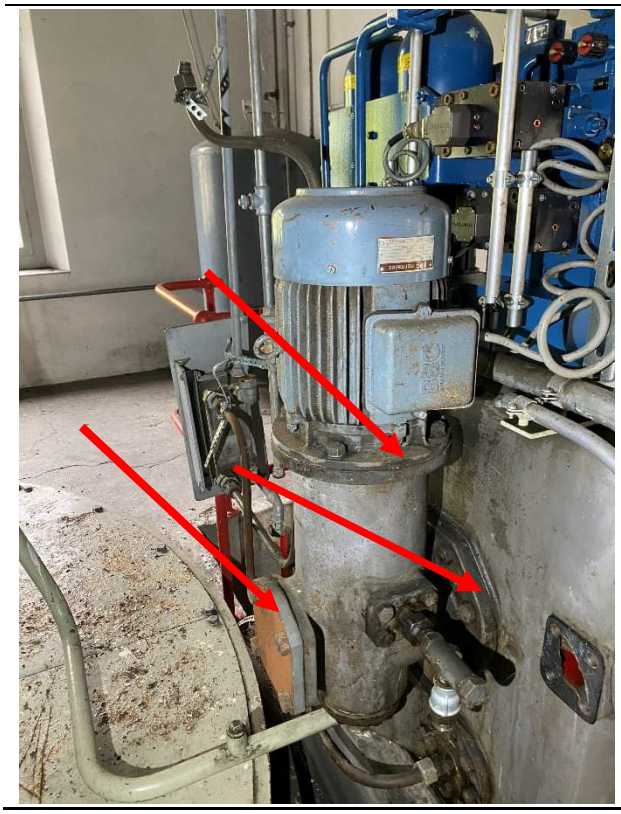
Pos.-Nr. 21	IT-Dichtungen		
Bauteil Stockwerk Bereich	Flanschdichtungen UG-DG, Gebäude-Nr. 372 Alle Räume	Bestimmung	☐ Labor ☒ **Expertenentscheid** ☐ Verdacht
Ausmass	**Ca. 10St.**	Befund	Asbest festgebunden
Massnahme	**Sanierung gemäss** Suva-Merkblatt 84053	Ausführung durch	☐ Sanierungsfirma ☒ **Instruierte Handwerker**
Entsorgung	**Deponie Typ E**	VeVA-Code	**17 06 05 S**

Massnahmen bei Um- bzw. Rückbau		Dringlichkeitsstufe 3			
PSA		Zone		Weiteres	
☒	**Einwegmaske FFP3**	☐	Abgegrenzte Zone	☐	kontrollierter Luftwechsel
☐	Handschuhe und Schutzbrille	☐	1-Kammer Schleuse	☐	Unterdruck 20Pa
☐	Frischluftzufuhr	☐	4-Kammer Schleuse	☒	**Quellenabsaugung**
☐	Einwegschutzanzug Kat. 3 Typ 5/6	☐	Material Schleuse	☐	Luftmessung

Bemerkung

- Bei der Demontage der Turbinen und anderen Bauteile macht es Sinn eine von der Suva anerkannte Sanierungsfirma beizuziehen, um die Dichtungen zu entfernen. Da die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass noch weitere Dichtungen zum Vorschein kommen.

Fotodokumentation



Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06

Anhang

Anhang 1 Datenblätter schadstofffreie Befunde

Die auf den folgenden Seiten aufgeführten Bauteile wurden begutachtet oder analysiert und als schadstofffrei nachgewiesen.

Pos.-Nr. 01		Beschichtung	
Bauteil Bereich	Schleuse 1, zweifach, beige & orange Abschnitt 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen
Fotodokumentation			

Pos.-Nr. 02	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Schleuse 2, grün Abschnitt 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen

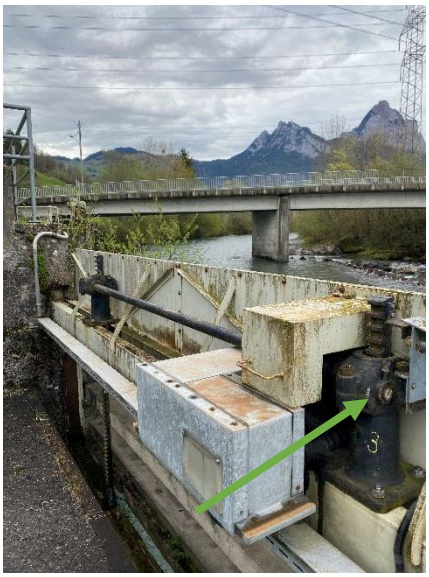
Fotodokumentation

Pos.-Nr. 03	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Antriebswelle, schwarz Abschnitt 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 03a	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Antriebswelle, schwarz Abschnitt 1 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen

Fotodokumentation

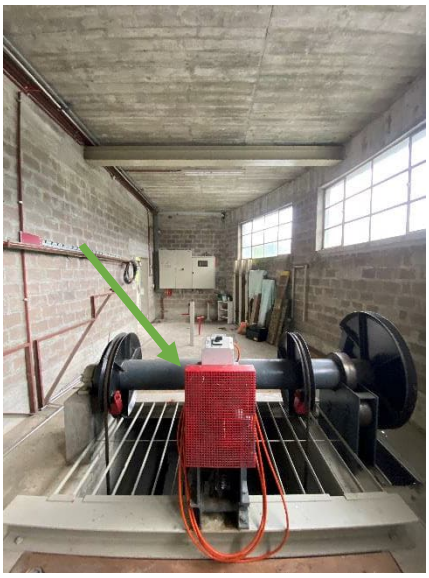


Pos.-Nr. 04	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Antrieb Gegengewicht grau & schwarz Gebäude 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 04b	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Antrieb Gegengewicht grau & Schwarz Gebäude 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PAK nachgewiesen

Fotodokumentation



Pos.-Nr. 05	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Stahlbauteil, innen, grau & orange Gebäude 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen

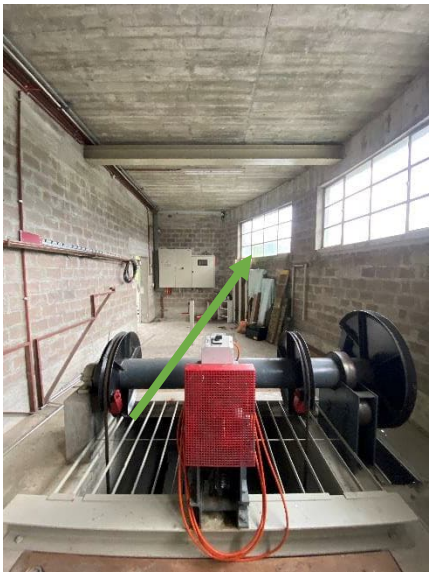
Fotodokumentation

Pos.-Nr. 06	Verputz, Mischprobe		
Bauteil Bereich	Fassade Gebäude 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 07	Fensterkitt		
Bauteil Bereich	Fensterrahmen Gebäude 1	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

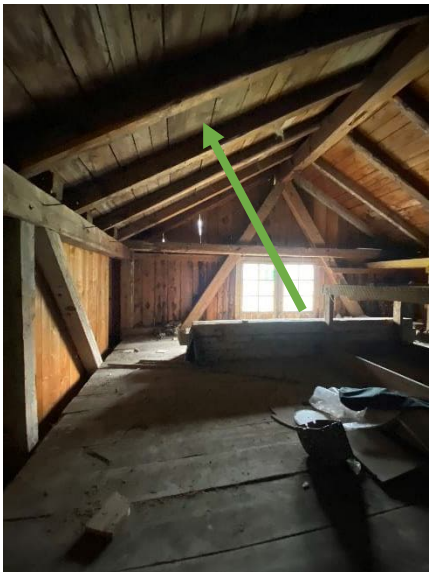


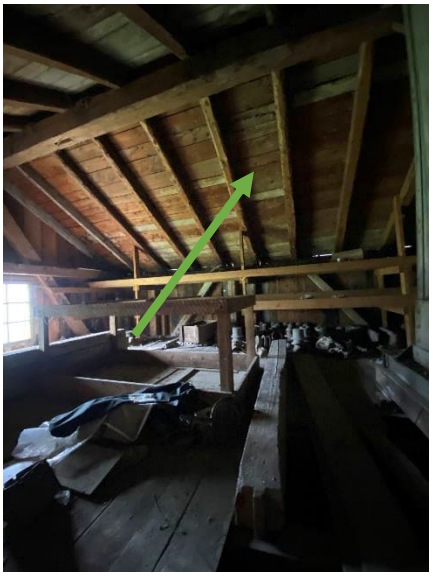
Pos.-Nr. 08	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Schleuse 3, grün & orange Gebäude 2	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 09	Dachpappe		
Bauteil Bereich	Unterdach Gebäude 3	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation





Pos.-Nr. 10	Beschichtung		
Bauteil Bereich	Schleuse 4, beige, orange & rot Abschnitt 3	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 11	Verputz, Mischprobe		
Bauteil Bereich	Wände, innen Gebäude 3	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 12	Beschichtung		
Bauteil Stockwerk Bereich	Turbinen EG Gebäude 3	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein PCB nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 13	Verputz, Mischprobe		
Bauteil Bereich	Fassade Gebäude 3	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 15, 15a	Beschichtung		
Bauteil Stockwerk Bereich	Turbinenraum Gebäude 3, UG Turbinenraum	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest & PCB nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 18	Beschichtung, Mischprobe		
Bauteil Stockwerk Bereich	Boden Gebäude 3, EG Alle Räume	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Kein Asbest nachgewiesen

Fotodokumentation

Pos.-Nr. 22	Bodenplatte		
Bauteil Stockwerk Bereich	Boden Gebäude 3, UG Turbinenraum	Bestimmung	☒ Labor ☐ Expertenentscheid ☐ Verdacht
		Befund	Nutzungsbedingte Belastung unter der Bagatellgrenze von 20m^2.
Fotodokumentation			

Anhang 2 Gesetzliche Grundlagen

Die folgenden wichtigsten Gesetze und Verordnungen können im Zusammenhang mit Asbest-, PCB und PAK-Vorkommen relevant sein. Die genannten Erlasse beziehen sich auf die jeweils aktuellen Versionen.

- Umweltschutzgesetz (USG) vom 7. Oktober 1983
- Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bei Bauarbeiten - (Bauarbeitenverordnung, BauAV) vom 18. Juni 2021 (Stand 01.01.2022)
- ILO-Übereinkommen Nr.162 über Sicherheit bei der Verwendung von Asbest vom 16. Juni 1993
- EKAS-Richtlinie Nr. 6503 (Asbest) vom Dezember 2008
- FACH Forum Asbest Schweiz, Asbest in Innenräumen, Dringlichkeit von Massnahmen vom Juli 2008
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) vom 4.Dezember 2015 (Stand 1.April 2022)
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) vom 22. Juni 2005

Anhang 3 Haftungsbeschränkung

Dieser Bericht wurde von der Firma Guilloud Gebäudediagnostik GmbH verfasst. Der Inhalt sowie die darin getroffenen Feststellungen, reflektieren nach bestem Wissen und Gewissen, aufgrund der zum Zeitpunkt der Abfassung zur Verfügung stehenden Informationen. Dieser Bericht ist ausschliesslich für den, auf dem Titelblatt bezeichneten, Auftraggeber bestimmt. Eine allfällige Haftung gegenüber Dritten, welche sich auf diesen Bericht berufen, wird ausdrücklich abgelehnt.

Anhang 4 Analyseberichte

analysis

Bestellungs-Nr: FDC-545
Analysendatum & Ort: 08.04.2024 | Biel-Bienne

ZU HANDEN VON → **Guilloud Gebäudediagnostik GmbH**
Vincent Guilloud
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

PRÜFBERICHT → **Asbestanalyse in Materialproben**

REFERENZ→ 240225, Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen

EINGANGSDATUM: → 05.04.2024

VERFAHREN → Die Asbestanalysen in Materialien nach ISO 22262-1 mittels Rasterelektronen-mikroskopie mit optimierter Probenvorbereitung, durch den Akkreditierungsbereich ISO/IEC 17025 (STS 0670) bedeckt lieferten folgende Ergebnisse:

PROBEN →

03 / Beschichtung Antriebswelle
- Kein Asbest nachgewiesen

04 / Antrieb Gegengewicht
- Kein Asbest nachgewiesen

06 / Fassadenputz
- Kein Asbest nachgewiesen

07 / Fensterkitt
- Kein Asbest nachgewiesen

09 / Dachpappe
- Kein Asbest nachgewiesen

11 / Innenputz Mischprobe
- Kein Asbest nachgewiesen

13 / Fassadenputz Mischprobe
- Kein Asbest nachgewiesen

14 / Fensterkitt
- **Asbest nachgewiesen** (Anthophyllit)

15 / Turbinenraum UG
- Kein Asbest nachgewiesen

17 / Faserzement
- **Asbest nachgewiesen** (Chrysotil)

18 / Bodenbeschichtung EG Mischprobe
- Kein Asbest nachgewiesen

Analysis Lab SA | Eckweg 8 | 2504 Biel/Bienne (CH)
+ 41 (0) 32 545 51 67 | info@analysislab.ch | www.analysis-lab.ch

1 / 2

analysis

Bestellungs-Nr: FDC-545
Analysendatum & Ort: 08.04.2024 | Biel-Bienne

Allgemeine Bemerkung: Die Nachweisgrenze hängt von der Art des analysierten Materials ab. Tests an zertifizierten Referenzmaterialien haben eine Nachweisgrenze von weniger als 0,01% (Massengehält) ergeben. Asbesthaltige Materialien sind unabhängig vom Asbestgehalt ordnungsgemäss zu behandeln und entsorgen. In der Schweiz existiert keine gesetzliche Gehaltsgrenze, unterhalb derer ein Material trotz Nachweis als asbestfrei gilt. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die erhaltenen Proben. Die Interpretation und Verwendung der Ergebnisse liegt außerhalb der Verantwortung des Labors. Die zur Analyse verwendeten Probenträger werden vom Labor für einen Zeitraum von 2 Monaten archiviert. Dieser Bericht ist in seiner Vollständigkeit zu verwenden. Die partielle Reproduktion ist ohne die Zustimmung von Analysis Lab AG nicht gestattet.

Datum & Analysenort:: Biel-Bienne, den 08.04.2024

Unterschrift:

Analysis Lab SA | Eckweg 8 | 2504 Biel/Bienne (CH)
+ 41 (0) 32 545 51 67 | info@analysislab.ch | www.analysis-lab.ch

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

GUILLOUD
Gebäudediagnostik

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06

analysis

Bestellungs-Nr: FDE-528
Analysendatum & Ort: 09.04.2024 Sion

ZU HANDEN VON → **Guilloud Gebäudediagnostik GmbH**
Vincent Guilloud
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

PRÜFBERICHT → **PAK Untersuchung in Materialen**

REFERENZ→ 240225, Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen

EINGANGSDATUM: → 05.04.2024

VERFAHREN → Die Untersuchung von Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Materialen nach BAFU-S13 Richtlinie (modifizierte EPA 8270 und EPA 3510), durch den Akkreditierungsbereich ISO/IEC 17025 (STS 0670) bedeckt ergibt folgende Ergebnisse:

KUNDENREFERENZ →	04b Antrieb Gegengewicht		16 Schlacke	
	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓
Naphthalin →	6.8	<6.8	0.4	<0.4
Acenaphthylen →	6.2	<6.2	0.3	<0.3
Acenaphthen →	6.6	<6.6	0.4	<0.4
Fluoren →	6.2	<6.2	0.3	<0.3
Phenanthren →	6.6	<6.6	0.4	1.6
Anthracen →	6.3	<6.3	0.3	<0.3
Fluoranthen →	6.3	<6.3	0.3	2.5
Pyren →	6.3	<6.3	0.3	1.7
Benz(a)anthracen →	6.1	<6.1	0.3	<0.3
Chrysen →	6.9	<6.9	0.4	<0.4
Benzo(b)fluoranthen →	6.4	<6.4	0.4	<0.4
Benzo(k)fluoranthen →	6.6	<6.6	0.4	<0.4
Benzo(a)pyren →	6.2	<6.2	0.4	<0.4
Indeno(1,2,3-c,d)pyren →	6.3	<6.3	0.4	<0.4
Dibenz(a,h)anthracen →	6.5	<6.5	0.4	<0.4
Benzo(g,h,i)perylen →	6.6	<6.6	0.4	<0.4
Summe der 16 PAK →	-	-	-	**5.8**

Resultate in mg/kg (ppm) - BG : Bestimmungsgrenze

Allgemeine Bemerkung: Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die eingegangenen Proben und werden mit einer Messunsicherheit von ca. 20% geliefert, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. Genauere Angaben zu den Messunsicherheiten sind auf Anfrage beim Labor erhältlich. Eine teilweise Wiedergabe dieses Berichts ist ohne vorherige Genehmigung von Analysis Lab AG nicht gestattet.

Datum & Analysenort:: Sion, den 09.04.2024

Unterschrift:

Analysis Lab SA | Eckweg 8 | 2504 Biel/Bienne (CH)
+ 41 (0) 32 545 51 67 | info@analysislab.ch | www.analysis-lab.ch

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

GUILLOUD Gebäudediagnostik

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06

analysis

Bestellungs-Nr: FDE-529
Analysendatum & Ort: 09.04.2024 | Sion

ZU HANDEN VON →

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Vincent Guilloud
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

PRÜFBERICHT →

PCB in Feststoffen

REFERENZ →

240225, Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen
Eingangsdatum: 05.04.2024

VERFAHREN →

Die Analyse von PCB (polychlorierte Biphenyle) in Materialien mittels GC-MS nach der modifizierten Methode BAFU S-12 / EPA 8082A, durch den Akkreditierungsbereich ISO/IEC 17025 (STS 0670) bedeckt, ergab folgende Resultate:

RESULTATE →

Probe	PCB-Gesamtgehalt (mg/kg)	Bemerkung
01 Beschichtung Schleuse 1	-	
02 Beschichtung Schleuse 2	-	
03a Beschichtung Antriebswelle	-	
04a Antrieb Gegengewicht	199.95	
05 Stahlbauteile innen	-	
08 Beschichtung Schleuse 3	-	
10 Beschichtung Schleuse 4	-	
12 Turbinen	-	
15a Turbinenraum UG	-	

Allgemeine Bemerkung:

Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die eingegangenen Proben und werden mit einer Messunsicherheit von ca. 20% geliefert, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. Genauere Angaben zu den Messunsicherheiten sind auf Anfrage beim Labor erhältlich. Eine teilweise Wiedergabe dieses Berichts ist ohne vorherige Genehmigung von Analysis Lab AG nicht gestattet.

Datum & Analysenort::

Sion, den 09.04.2024

Unterschrift:

Analysis Lab SA | Eckweg 8 | 2504 Biel/Bienne (CH)
+ 41 (0) 32 545 51 67 | info@analysislab.ch | www.analysis-lab.ch

analysis

Bestellungs-Nr: FDE-529
Analysendatum & Ort: 09.04.2024 | Sion

ANHANG: DETAILLIERTE ANALYSENBERICHT

Probe →	01 Beschichtung Schleuse 1		02 Beschichtung Schleuse 2		03a Beschichtung Antriebswelle	
Parameter ↓	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓
PCB 28 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 52 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 101 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 153 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 138 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 180 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
Summe der 6 Kongeneren →	-	-	-	-	-	-
Technisches Gemisch →	-	-	-	-	-	-
Faktor für Multiplikation →	-	-	-	-	-	-
Total PCB* →	-	-	-	-	-	-

Probe →	04a Antrieb Gegengewicht		05 Stahlbauteile innen		08 Beschichtung Schleuse 3	
Parameter ↓	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓
PCB 28 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 52 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 101 →	1.3	3.9	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 153 →	1.3	18	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 138 →	1.3	26.4	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 180 →	1.3	16.2	1.3	<1.3	1.3	<1.3
Summe der 6 Kongeneren →	-	64.5	-	-	-	-
Technisches Gemisch →	-	Aroclor 1260	-	-	-	-
Faktor für Multiplikation →	-	3.1	-	-	-	-
Total PCB* →	-	**199.95**	-	-	-	-

Probe →	10 Beschichtung Schleuse 4		12 Turbinen		15a Turbinenraum UG	
Parameter ↓	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓	BG ↓	Ergebnis ↓
PCB 28 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 52 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 101 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 153 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 138 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
PCB 180 →	1.3	<1.3	1.3	<1.3	1.3	<1.3
Summe der 6 Kongeneren →	-	-	-	-	-	-
Technisches Gemisch →	-	-	-	-	-	-
Faktor für Multiplikation →	-	-	-	-	-	-
Total PCB* →	-	-	-	-	-	-

Analysis Lab SA | Eckweg 8 | 2504 Biel/Bienne (CH)
+ 41 (0) 32 545 51 67 | info@analysislab.ch | www.analysis-lab.ch

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

GUILLOUD Gebäudediagnostik

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06

analysis

Bestellungs-Nr: FDE-529
Analysendatum & Ort: 09.04.2024 | Sion

Resultate in mg/kg (ppm) - BG : Bestimmungsgrenze
*Summe der 6 Kongeneren multipliziert mit Faktor für Multiplikation
Einzelwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze werden bei der Berechnung des PCB-Gesamtwertes nicht berücksichtigt.

Analysis Lab SA | Eckweg 8 | 2504 Biel/Bienne (CH)
+ 41 (0) 32 545 51 67 | info@analysislab.ch | www.analysis-lab.ch

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

GUILLOUD
Gebäudediagnostik

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06

Eurofins Scitec SA
Av. de Provence 18, 1007 Lausanne, Switzerland
+41 58 100 53 93 // labo@scitec-research.com // STS 0278 // NYS ELAP n° 11203

eurofins | Scitec

Prüfbericht (pro Probe)
240225, Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Projekt-nr P24-2496, Version 1

Analysis Lab S.A.
Eckweg 8a
2504 Biel/Bienne
SUISSE

[Diese Stelle ist absichtlich für Kommentare leer gelassen]

Vorbereitet durch:

Marine Sassi
Responsable Adjointe de Laboratoire
msassi@scitec-research.com

Dieser Bericht darf nicht ohne schriftliche Erlaubnis der Eurofins Scitec (Labor) reproduziert werden. Dieses Dokument ist ein integraler Bestandteil der Bestellung. Es handelt sich nur um Proben, die zur Analyse eingereicht wurden.

Eurofins Scitec SA
Av. de Provence 18, 1007 Lausanne, Switzerland
+41 58 100 53 93 // labo@scitec-research.com // STS 0278 // NYS ELAP n° 11203

eurofins | Scitec

Proben-Nr. : P24-2496.001
Kunden-Ref. : 16 - Schlacke

Probenahme Datum & Zeit ----
Eingangsdatum : 08.04.2024
Matrix : fest

Elemente

Parameter	Resultat	Unsicherheit[a]	Einheit	Verdünnun	LLQ[b]	Extraktionsdatum	Analysedatum	Methode	Messgerät	Bewertunge	Site[d]
As: Arsen	11.2	±0.7	mg/Kg	1	2.50	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L
Cd: Cadmium	<0.10	----	mg/Kg	1	0.10	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L
Cr: Chrom	24.2	±1.2	mg/Kg	1	0.35	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L
Cu: Kupfer	177	±8.5	mg/Kg	1	0.25	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L
Ni: Nickel	61.0	±4.1	mg/Kg	1	0.25	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L
Pb: Blei	53.5	±3.4	mg/Kg	1	1.00	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L
Zn: Zink	81.2	±4.1	mg/Kg	1	0.25	09.04.2024	09.04.2024	EPA 200.7 modifiée	ICPE-9820	1	L

Nichtflüchtige organische Verbindungen (NVOC)

Parameter	Resultat	Unsicherheit[a]	Einheit	Verdünnun	LLQ[b]	Extraktionsdatum	Analysedatum	Methode	Messgerät	Bewertunge	Site[d]
COT 400	16.4	±0.8	g/Kg	1	2.0	----	09.04.2024	DIN 19539	Primacs	----	L

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

GUILLOUD Gebäudediagnostik

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06

Eurofins Scitec SA
Av. de Provence 18, 1007 Lausanne, Switzerland
+41 58 100 53 93 // labo@scitec-research.com // STS 0278 // NYS ELAP n° 11203

eurofins | Scitec

[a] Durchschnittlich Unsicherheit des Messbereichs übertragt

[b] Untere Bestimmungsgrenze (LLQ)

[d] L=Lausanne, D=Delémont

[c] Nomenklatur der Bewertungen:

1 – Bereichanalyse in ISO 17025 Akkreditirung
2 – Analyse konform mit NELAC Standards
3 – Nicht zertifizierbare Analyse von NELAC
4 – Analyse vergeben
5 – Im Extraktionsblank vorhanden
6 – Invalider Recovery Kriterium
7 – Ergebnis nicht konform
8 – Ungeeigneter Kontainer
9 – Ungeeigneter Konservierungsreagenz
10 – Probenintegrität unsicher
11 – Ungeeignete Probentemperatur
12,13,14 – Holding time überschritet
15 – Invalides CV für Duplikate
16 – LOQ-Anstieg aufgrund des Matrixeffekts
17 – Von Swissmedic autorisierte Analyse
18 – Probenahme durch Eurofins Scitec

Qualifier 5, 7 bis 14: Abweichungen, die die Genauigkeit des Ergebnisses beeinträchtigen können.
Qualifier 6, 15 und 16: mögliche Matrixeffekte.
Qualifier 18: Eurofins Scitec ist für die Probenahme nicht akkreditiert.

Guilloud Gebäudediagnostik GmbH
Oberstockstrasse 14
6416 Steinerberg

GUILLOUD Gebäudediagnostik

info@bau-diagnostik.ch
bau-diagnostik.ch
079 413 73 06