





# Revitalisierung Muota

## Abschnitt Kraftwerk Brunnen

Vorprojekt

### Kurzbericht GWR

<b>INGE Mehrwert Muota</b> Kissling + Zbinden AG AquaPlus AG Dr. von Moos AG Hunziker, Zarn & Partner AG				 		Projekt Nr. <b>6.460</b>	Plan Nr. <b>/ 31.203</b>		
				 		Format <b>A4</b>			
				Gezeichnet / Revidiert		Geprüft		Freigabe	
				Datum      Visum		Datum      Visum		Datum      Visum	
								15.09.2023      mk	
A									
B									
C									
D									
E									



# IMPRESSUM

## Auftraggeber

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

## Projekt

6.460 Revitalisierung Muota, Abschnitt Kraftwerk Brunnen

## Berichtnummer

6.460\_31.203, Kurzbericht Gewässerraum

## Erstellungsdatum

01.05.2023

## Pfad- und Dateiname

J:\06 Wasserbau\6.460 Revit. Muota Abschnitt Kraftwerk Brunnen\10 Ber\31  
Vorprojekt\Kurzbericht GWR\6.460\_Kurzbericht\_GWR\_2023-09-15.docx


## Fassung vom

15.09.2023

## Bearbeitung

Luca Apitzsch, Markus Knellwolf

## Q-Prüfung

Datum	15.09.2023
Unterschrift	Markus Knellwolf 

## 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

<b>1</b>	<b>Ausgangslage</b>	<b>3</b>
1.1	Grundsätzliches zum Gewässerraum	3
<b>2</b>	<b>Gerinneformen</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Natürliche Gerinnesohlenbreite</b>	<b>5</b>
3.1	Definition	5
3.2	Herleitung	5
<b>4</b>	<b>Theoretischer minimaler Gewässerraum nach GSchV</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Festlegung Gewässerraum</b>	<b>8</b>
5.1	Grundsätze der Vollzugsbehörde	8
5.2	Rahmenbedingungen und Ausscheidung GWR	8
5.2.1	Gemeindegebiet Schwyz	9
5.2.2	Rechte Uferseite Muota	9
5.2.3	Linke Uferseite Muota	10
5.2.4	Rechte Uferseite Seeweren	11
<b>6</b>	<b>Erfüllung der natürlichen Funktionen</b>	<b>12</b>
6.1	Herleitung des natürlichen Referenzzustands	12
6.2	Bewertung des Projekts nach der Methode Roulier	13
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>17</b>



# 1 AUSGANGSLAGE

Auf der linken Seite der Muota ist im Projektperimeter der Gewässerraum bereits grundeigentümer- resp. behördenverbindlich ausgeschieden. Auf der rechten Seite der Muota und der Seeweren wurde hingegen noch kein Gewässerraum festgelegt. Die Ausscheidung erfolgt im Rahmen des Revitalisierungsprojektes.

Der vorliegende Fachbericht Gewässerraum zeigt auf nach welchen Grundsätzen die Gewässerraumbreite hergeleitet wird.

## 1.1 Grundsätzliches zum Gewässerraum

Der Gewässerraum ist der dem Gewässer zur Verfügung stehende Raum. Er muss naturnah und gewässerecht gestaltet und – soweit nötig – unterhalten werden, damit unter anderem der Schutz vor Hochwasser, die Gewässernutzung und die natürliche Funktion des Gewässers gewährleistet werden können.

Gemäss dem Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) Art. 4 müssen Gewässer und deren Gewässerraum so gestaltet sein, dass:

- sie einer vielfältigen Tier- und Pflanzenwelt als Lebensraum dienen können
- die Wechselwirkungen zwischen ober- und unterirdischem Gewässer weitgehend erhalten bleiben
- eine standortgerechte Ufervegetation gedeihen kann

Dies bedeutet, dass folgende Funktionen gewährleistet werden sollen:

- Transport von Wasser und Geschiebe (Schutz vor Hochwasser)
- Ausbildung einer naturnahen Strukturvielfalt in den aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräumen
- dynamische Entwicklung des Gewässers
- Vernetzung der Lebensräume

Der Gewässerraum dient aber auch der Bevölkerung zur Erholung und ist ein wichtiges Element der Kulturlandschaft. Um diese Funktionen zu gewährleisten, sind deshalb bei der Gestaltung und Bewirtschaftung des Gewässerraumes gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) Art. 41c auch folgende Aspekte zu beachten:

- zugelassen sind nur standortgebundene, im öffentlichen Interesse liegende Anlagen (Fuss- und Wanderwege, Flusskraftwerke, Brücken, etc.)
- eine extensive Gestaltung und Nutzung sind erlaubt, ohne Verwendung von Dünger und Pflanzenschutzmittel
- das Bestandesrecht von rechtmässig erstellten Bauten bleibt gewahrt
- Bestockung mit einheimischer und standortgerechter Vegetation

## 2 GERINNEFORMEN

Die Muota wurde ab Anfang des 19. Jahrhunderts umfassend ausgebaut und begradigt. Entsprechend entspricht die heutige Gerinneform auf weiten Strecken nicht mehr dem natürlichen Zustand und weist grosse morphologische und ökologische Defizite auf.

In einer Vorstudie zum ökologischen Entwicklungspotential am Unterlauf der Muota wurde durch die Basler & Hofmann AG die natürliche Gerinneform und die natürliche Gerinnesohlenbreite hergeleitet [1] (vgl. Anhang B). Auf historischen Karten ist die Gerinneform „schwach mäandrierendes Gerinne mit Inseln und Bänken“ gut erkennbar. Naturnahe Vergleichsstrecken existieren an der Muota keine mehr.

# 3 NATÜRLICHE GERINNESOHLENBREITE

## 3.1 Definition

Die Sohlenbreite spielt eine wesentliche Rolle bei der Definition des Gewässerraums, wobei sowohl der natürliche als auch der naturnahe Zustand zu betrachten sind. Aufgrund zahlreicher irreversibler Randbedingungen in den heute dicht besiedelten Gebieten des Mittellandes und der Voralpen ist es oft nicht möglich, die natürliche Sohlenbreite umzusetzen. Daher ist für Projekte die naturnahe Sohlenbreite von Bedeutung.

Vor den Fluss-Korrekturen befanden sich die natürlichen Flussläufe des Mittellandes und der Voralpen häufig in einem Auflandungszustand. Im Auflandungszustand wiesen sie eine grosse Sohlenbreite mit verzweigten Sohlenstrukturen und eine grosse morphologische Dynamik auf.

Heutzutage ist der Zustand mit Auflandungen größtenteils nicht mehr akzeptabel, da er den langfristigen Hochwasserschutz gefährden würde. In Projekten wird ein dynamisches Gleichgewicht der Sohlenlage angestrebt. Obwohl die morphologische Dynamik in diesem Gleichgewichtszustand geringer ist, können dennoch wertvolle Strukturen mit einer ausreichend großen naturnahen Sohlenbreite erreicht werden. Die naturnahe Sohlenbreite ist daher entscheidend für die Bewertung des ökologischen Mehrwerts eines Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojektes.

## 3.2 Herleitung

In der Studie von der Basler & Hofmann AG wurde die natürliche Sohlenbreite anhand von drei Methoden evaluiert [1]. Konkret wurde die natürliche Sohlenbreite mit Hilfe von historischen Karten, empirischen Formeln und naturnahen Vergleichsstrecken anderer Flüsse hergeleitet und plausibilisiert. Aufgrund der gutachterlich eingestuftten Aussagekraft der drei Methoden und den ihnen zugrunde liegenden Grundlagen, erfolgte eine Gewichtung der drei Methoden für die definitive Festlegung der natürlichen Sohlenbreite. Konkret wurde die Methode der historischen Karten mit 50%, die Resultate aus den empirischen Berechnungen mit 30% und die Methode der Vergleichsstrecken mit 20% gewichtet. So resultiert für den Abschnitt KW Brunnen, in Anlehnung an den Abschnitt Föhneneich (km 4.915 - km 5.892), eine Bandbreite der natürlichen Sohlenbreite von 37 – 58 m.

Im vorliegenden Projekt wird eine Projektsohlenbreite angestrebt, welche sich an der Bandbreite der natürlichen Sohlenbreite orientiert. Dadurch wird die natürliche Gerinneform wiederhergestellt und so das morphologische Ziel erreicht, während gleichzeitig auch das anfallende Geschiebe abgeführt wird. Der

Geschiebehalt wurde anhand von Geschiebetransportberechnungen in den Projektquerprofilen überprüft.

Die Projektsohlenbreite entspricht somit einer naturnahen Sohlenbreite, bei welcher sich eine neue Gleichgewichtssohlenlage einstellen wird.



## 4 THEORETISCHER MINIMALER GEWÄSSERRAUM NACH GSCHV

Die Gewässerschutzverordnung (GschV) gibt in Art. 41a Abs. 1 und 2 vor, wie die minimale Gewässerraumbreite für Fliessgewässer mit einer natürlichen Sohlenbreite von 15 m und weniger festzulegen ist. Bei grossen Fliessgewässern, mit einer natürlichen Gerinnesohlenbreite von mehr als 15 m, legen die Kantone die Breite des Gewässerraums im Einzelfall fest. Die Breite ist so festzulegen, dass die natürlichen Funktionen des Gewässers, der Schutz vor Hochwasser und die Gewässernutzung gewährleistet sind. Seitens BAFU wird empfohlen für die Festlegung der Gewässerräume auf die Methodik von Roulier et al. [2] abzustützen.

# 5 FESTLEGUNG GEWÄSSERRAUM

## 5.1 Grundsätze der Vollzugsbehörde

Die Muota im Abschnitt KW Brunnen ist ein Fliessgewässer mit einer Sohlenbreite > 15 m. Demnach erfolgt im Rahmen des Revitalisierungsprojekts die Festlegung des Gewässerraums im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung.

Die zuständige Vollzugsbehörde des Kantons Schwyz (Umweltdepartement, Amt für Gewässer, Abteilung Wasserbau) macht für grosse Fliessgewässer die Vorgabe, dass der Gewässerraum mindestens die Breite der Flusssohle plus beidseits je 15 m Uferbreite zu betragen hat [3]. Die massgebende Sohlenbreite bildet dabei entweder die hergeleitete, mittlere natürliche Sohlenbreite oder eine im Einzelfall, nach Rücksprache mit der Behörde, festgelegte Projektsohle [4]. Daraus ergeben sich für das vorliegende Projekt grundsätzlich zwei mögliche Ansätze für die Gewässerraumausscheidung:

- Pauschale Festlegung Gewässerraum, basierend auf der mittleren, natürlichen Sohlenbreite:  
 $GWR = \text{mittlere natürliche Sohlenbreite} + 2 \times 15\text{m} = 48\text{m} + 2 \times 15\text{m} = 78\text{m}$
- Differenzierte Festlegung Gewässerraum, basierend auf einer naturnahen Projektsohle:  
 $GWR = \text{Breite Projektsohle} + 2 \times 15\text{ m} = \text{in der Breite variierend}$

Weiter enthält das Vollzugsmerkblatt des Kantons Schwyz zur Ausscheidung von Gewässerräumen [3] weitere, diverse Grundsätze, welche es bei der Gewässerraumausscheidung zu beachten gilt. Im vorliegenden Projekt ist insbesondere der Grundsatz wonach bestehende Bauten und Anlagen, welche der Hochwassersicherheit dienen (Geschiebesammler, Dämme, Auflandungsstrecken, Sperren usw.), in ihrer Gänze in den Gewässerraum zu integrieren sind, zu beachten.

## 5.2 Rahmenbedingungen und Ausscheidung GWR

An den Projektgruppensitzungen<sup>1</sup> vom 29.06.2023 und 05.09.2023 wurde der Grundsatzentscheid gefällt, dass im vorliegenden Projekt der Gewässerraum differenziert, d.h. projektspezifisch, basierend auf der Projektsohle ausgeschieden wird. Die Projektsohle wird hierbei als naturnahe Sohle betrachtet. Konkret erfolgte die Gewässerraumfestlegung in einem partizipativen Prozess innerhalb der Projektgruppe. Basierend auf den Vorprojektplänen im Entwurf, den weiter unten erwähnten Rahmenbedingungen aus anderen Planungen und den Grundsätzen der Vollzugsbehörde (vgl. Kapitel 5.1) wurde die projektspezifische Ausscheidung des GWR diskutiert und beschlossen.

---

<sup>1</sup> Zusammensetzung Projektgruppe: Bezirk Schwyz, ebs Energie AG, Gemeinde Ingenbohl, Amt für Gewässer Kt. Schwyz Abteilungen Wasserbau und Fischerei, WWF, AquaViva, INGE Mehrwert Muota (Ingenieur)

Bei dieser projektspezifischen GWR-Ausscheidung sind stellenweise Rahmenbedingungen und/ oder bereits definierte Gewässerräume aus anderen Planungen, zu beachten. Insbesondere die Grundsätze der Planbeständigkeit und der Planungssicherheit nach RPG sind einzuhalten. Konkret bedeutet das, dass dort wo in den letzten 10 bis 15 Jahren mit einer rechtskräftigen Nutzungsplanung bereits ein grundeigentümergebundener GWR ausgeschieden wurde, oder dort wo ein laufendes Verfahren zum GWR im Gang ist, wird der GWR auf den Plänen des Revitalisierungsprojekts übernommen und lediglich als «Orientierungsinhalt» auf den Plänen dargestellt.

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird abschnittsweise auf die konkrete Ausscheidung des GWR eingegangen.

### **5.2.1 Gemeindegebiet Schwyz**

Auf dem Gebiet der Gemeinde Schwyz ist der Gewässerraum (GWR) bereits Grundeigentümergebundlich ausgeschieden (bestehende kommunale Nutzungsplanung aus dem Jahr 2019). Im Rahmen dieses Revitalisierungsprojekts erfolgt keine Anpassung an dieser Festlegung.

Relevant ist der GWR der Gemeinde Schwyz am Anfang des Projektperimeters beim Bereich der Einmündung Seeweren in die Muota. Hier ist der GWR auf der rechten Uferseite der Muota sowie auf der linken Uferseite der Seeweren bereits definiert. Dieser GWR entspricht den Grundsätzen der Vollzugsbehörde und ist insbesondere im Bereich der Einmündung Seeweren grosszügig ausgeschieden worden.

Auf Empfehlungen zuhanden der Gemeinde für die nächste Revision des Nutzungsplans wird verzichtet.

### **5.2.2 Rechte Uferseite Muota**

Innerhalb des Projektperimeters ist, ausserhalb der Bauzone auf der rechten Uferseite der Muota noch kein Gewässerraum ausgeschieden. Hier ist der Gewässerraum mit dem Projekt grundeigentümergebundlich festzulegen.

Die Breite des Gewässerraums wird hier grundsätzlich mit 15 m ab dem projektierten, wasserseitigen Böschungsfuss ausgeschieden. Wo ein Hochwasserschutzdamm vorhanden ist oder erstellt wird, liegt der Gewässerraum am luftseitigen Dammfuss.

Eine Ausnahme bildet der Teilabschnitt direkt beim Kraftwerk Brunnen (Gewässerraum 1973 – 2186). Die Breite des rechtsufrigen GWR ist hier grösser als 15 m ab dem wasserseitigen Böschungsfuss. Der Grund hierfür liegt darin, dass an dieser Stelle ggü. dem IST-Zustand nur eine geringe bauliche Verbreiterung der Sohle erfolgen kann und stattdessen das vorhandene Vorland zwischen dem Damm und der Flussböschung für die Ausbildung eines Naherholungsplatzes genutzt wird. Der Gewässerraum liegt jedoch, wie flussaufwärts ebenfalls, am luftseitigen Fuss des

bestehenden Hochwasserschutzdamms. Damit wird dem Grundsatz des Kantons [3] entsprochen, wonach bestehende Schutzbauten innerhalb des Gewässerraums sein sollen.

Eine weitere Ausnahme bildet der Abschnitt zwischen dem Kraftwerk Brunnen und der geplanten Aufweitung im Bereich des Altarms (Gewiss 1693 – 1976). Die bauliche Sohlenverbreiterung fällt in diesem Abschnitt ggü. dem IST-Zustand sehr gering aus. Um die gesetzliche Mindestanforderung bzgl. GWR einhalten zu können, ist deshalb in diesem Abschnitt für die Festlegung des Gewässerraums auf der rechten Uferseite nicht die Projektsohle, sondern mindestens die minimale natürliche Sohlenbreite (37 m) plus zweimal 15 m Uferbreite zu verwenden. Der Gewässerraum wird somit in diesem Teilabschnitt projekt- und abschnittsspezifisch wie folgt festgelegt:  $GWR = 37\text{ m} + 2 \cdot 15\text{ m} = 67\text{ m}$ . Um die Gewässerraumlinie im rechten Vorland zu lokalisieren, werden ab dem bereits ausgeschiedenen, linksufrigen Gewässerraum 67 m nach rechts abgemessen.

Der Wiesengraben, welcher neu auf der Höhe des Kraftwerks Brunnen in die Muota mündet, hat eine Sohlenbreite von  $< 1\text{ m}$ . Für ihn wird ein Gewässerraum von 11 m ausgeschieden.

Ganz zuunterst im Projektperimeter, bei der Liegenschaft Wylenstrasse Nr. 40 (Prz. Nr. 457) wurde mit der letzten Revision des Zonenplans der Gemeinde Ingenbohl im Jahr 2021 [5] der GWR Grundeigentümergebündlich ausgeschieden. Der GWR verläuft hier durch die Parzelle und spart das Gebäude aus. Aufgrund der Planbeständigkeit erfolgt im Rahmen des Revitalisierungsprojekts keine Anpassung an diesem bereits ausgeschiedenen Gewässerraum. Mit Blick auf die Grundsätze des Merkblatts des Kantons (Stand März 2023; [3]) gilt es jedoch festzuhalten, dass hier im Rahmen der nächsten Revision des Zonenplans eine Anpassung des GWR angezeigt ist. Aus heutiger Sicht wäre danzumal der Gewässerraum auf der Parzelle 457 ebenfalls auf 15 m ab dem wasserseitigen Böschungsfuss zu legen und ohne Aussparung des Gebäudes auszuscheiden. Da allerdings bis zur nächsten Revision der kommunalen Nutzungsplanung auch der Vollzug der Gewässerraumausscheidung ändern kann, wird konkret empfohlen der danzumal geltenden Vollzugshilfe zu folgen.

### **5.2.3 Linke Uferseite Muota**

Im oberen Drittel des Projektperimeters ist auf der linken Uferseite der Muota (Gewiss 2490 – 3143) der Gewässerraum behördenverbindlich (aber noch nicht grundeigentümergebündlich) ausgeschieden. In diesem Teilabschnitt des kantonalen Nutzungsplans Brunnen Nord sind seit mehreren Jahren laufende Planungen und Verfahren zur Arealerschliessung im Gang (Varianten «Hochkreisel» und/oder «Kurve+»). In den hierzu laufenden Verfahren und Planungen wurde seitens der Vollzugsbehörde stets der behördenverbindliche Gewässerraum kommuniziert und eingefordert. Die Planungen sind danach ausgerichtet. Um dem Gebot der Planungssicherheit nachzuleben und um die politische und juristische Lösungsfindung im Drittprojekt Erschliessung Brunnen Nord nicht zusätzlich zu

verkomplizieren, wird in diesem Teilabschnitt, im Rahmen dieses Revitalisierungsprojekts keine grundeigentümerverbindliche Ausscheidung des Gewässerraums vorgenommen. Ebenso wenig werden abweichende Empfehlungen ausgesprochen. Der behördenverbindliche Gewässerraum wird als «Orientierungsinhalt» auf den Plänen dargestellt.

Auf den unteren zwei Dritteln des Projektperimeters auf linker Uferseite, ab Prz. Nr. 1392 flussabwärts (ca. Gewässernummer 2500), ist der Gewässerraum mit dem kantonalen Nutzungs- und Erschliessungsplan Brunnen Nord im Jahr 2016 [6] und dem Zonenplan der Gemeinde Ingenbohl im Jahr 2021 [5] Grundeigentümerverbindlich ausgeschieden worden. Das Gebiet gilt als dicht besiedelt. Der GWR verläuft auf der Parzellengrenze zwischen der Gewässerparzelle der Muota und der Bauzone (Gewerbezone und Wohnzone W3) und entspricht den Grundsätzen der Vollzugsbehörde. Auf Empfehlungen für die nächste Überarbeitung der kommunalen Nutzungsplanung wird verzichtet.

## 5.2.4 Rechte Uferseite Seeweren

Die Seeweren hat vor der Mündung in die Muota eine natürliche Sohlenbreite von ca. 10 bis 14 m. Der minimale Raumbedarf beträgt gemäss der Schlüsselkurve (Berechnung des Gewässerraums nach GeschV Art. 41a) 11 bis 14 m Uferbreite. Die Mündung der Seeweren in die Muota ist ein ökologisch sehr wertvoller Lebensraum, deshalb wird hier die Biodiversitätskurve angewandt. Die Breite des Gewässerraums wird somit mit 15 m ab dem projektierten, wasserseitigen Böschungsfuss ausgeschieden.

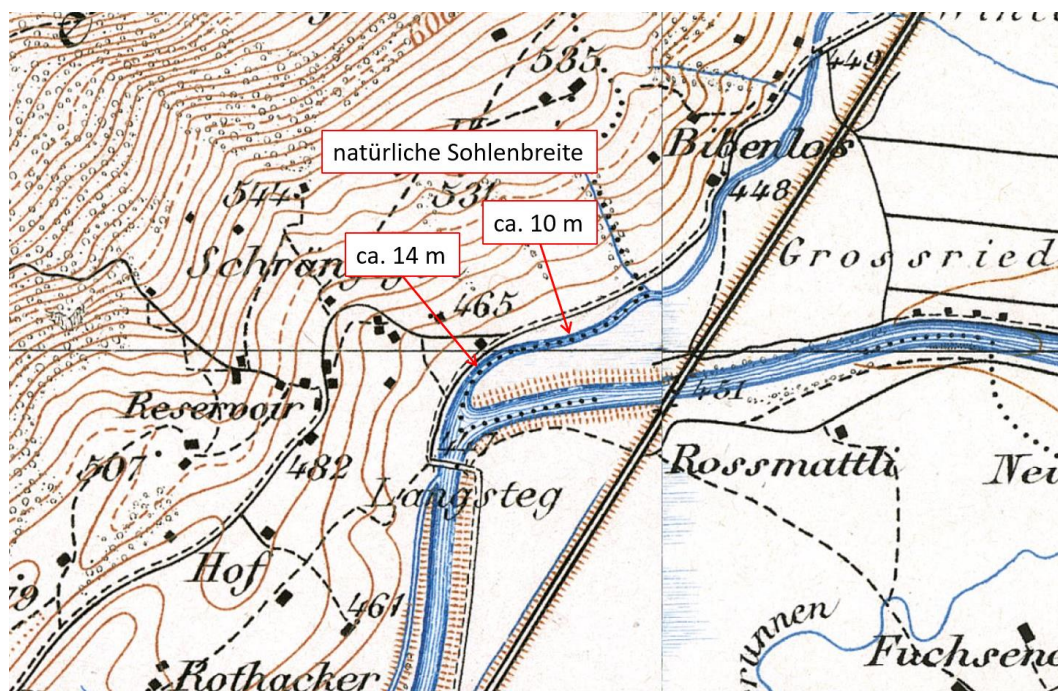


Abbildung 1: Historische Karte (1894) Seewerenmündung

# 6 ERFÜLLUNG DER NATÜRLICHEN FUNKTIONEN

## 6.1 Herleitung des natürlichen Referenzzustands

Die Methode von Roulier et al. [2] ermöglicht eine summarische Beurteilung der Erfüllung natürlicher Funktionen in einem verfügbaren Gewässerraum, resp. gibt an welche Breiten für die Erfüllung erforderlich sind. Die Methode kann auch zur Bewertung von Bauprojekten verwendet werden. Dabei berücksichtigt sie den morphologischen Typ des Gewässers, die natürliche Gerinnesohlenbreite und den verfügbaren Raum, indem sich das Gewässer frei bewegen kann.

In der Aktennotiz zur Herleitung der natürlichen Gerinnesohlenbreite von Basler & Hoffmann [1] wird die Muota als schwach mäandrierendes Gerinne, mit einer natürlichen Sohlenbreite von 37 – 58 m beschrieben. Für die Berechnung nach Roulier wird demnach die mittlere, natürliche Sohlenbreite von 48 m angenommen. Der bettbildende Abfluss hat eine Breite von 59 m.

Anhand dieser charakteristischen Größen können die optimalen Breiten für verschiedene Habitatstypen (aquatischer Lebensraum, amphibischer Lebensraum, usw.) berechnet werden, welche für die Erfüllung natürlicher Funktionen des Gewässers erforderlich sind. Die Berechnung wird mit dem Internettool von SCZA durchgeführt (<http://www.zones-alluviales.ch>).

Das Funktionsdiagramm in Abbildung 2 zeigt für die Muota im Projektabschnitt KW Brunnen die Erfüllung der natürlichen Funktionen, in Abhängigkeit von der Breite des mobilisierbaren Raums. Der mobilisierbare Raum wird durch Uferverbauungen und Interventionslinien begrenzt.

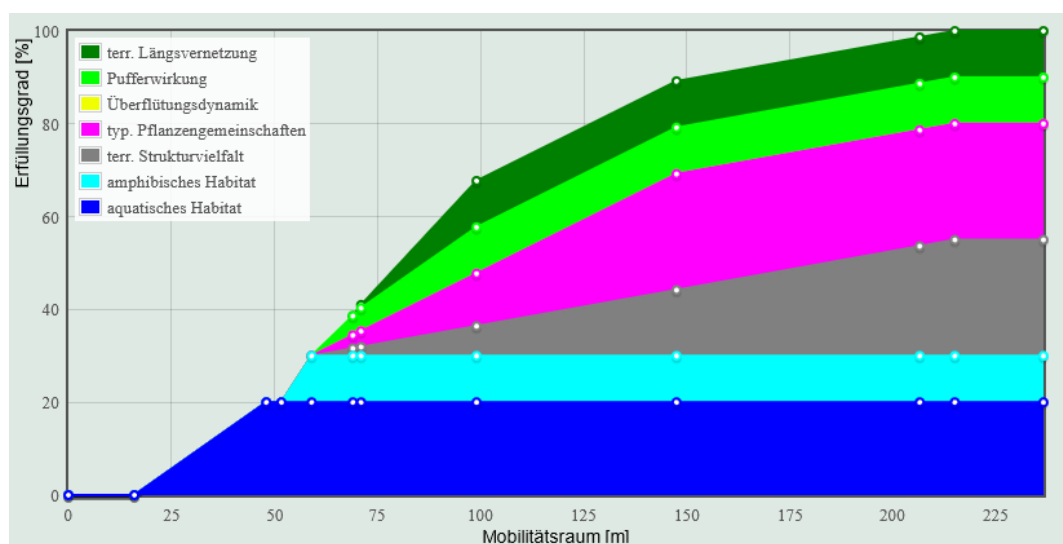


Abbildung 2: Funktionsdiagramm nach Roulier et al. der Muota im Projektabschnitt

Aus dem Funktionsdiagramm lässt sich ableiten, dass für die Erfüllung von 100% der natürlichen Funktionen eine mobilisierbare Breite von 210 m erforderlich wäre.

## 6.2 Bewertung des Projekts nach der Methode Roulier

Zur Bewertung des Projekts an der Muota nach der Methode Roulier wurde der Projektperimeter in acht Abschnitte eingeteilt. Diese wurden anhand charakteristischer Querprofile beurteilt.

Der Erfüllungsgrad der natürlichen Funktion in einem Projekt hängt primär von der Breite des mobilisierbaren Raums ab. Dieser wird im vorliegenden Projekt teilweise durch Uferverbauungen resp. steile Ufer (Böschungsneigung > 1:3) begrenzt.

Der durchschnittliche Erfüllungsgrad über das gesamte Projekt beträgt 36.5%. Gegenüber dem Ist-Zustand entspricht dies einer Erhöhung von knapp 13%. Besonders im Bereich der Seewerenmündung (Abschnitt 1) und der Mündung des Unterwasserkanals (Abschnitt 7) wird eine Verbesserung erreicht. Durch die grosse Aufweitung in diesen beiden Abschnitten steigt der Erfüllungsgrad um jeweils ca. 20%.

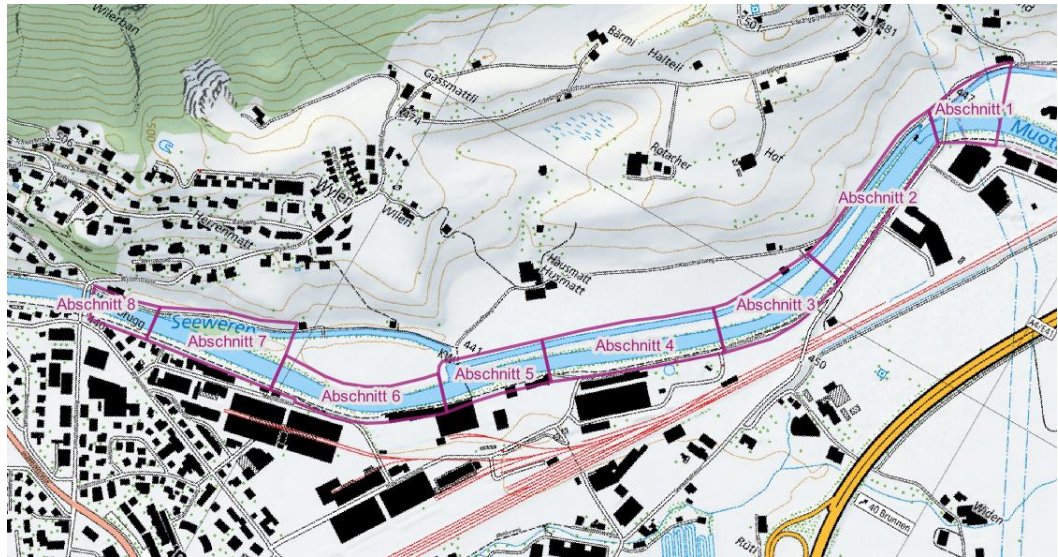


Abbildung 3: Einteilung der Gewässerabschnitte für die Beurteilung des Projekts nach Roulier

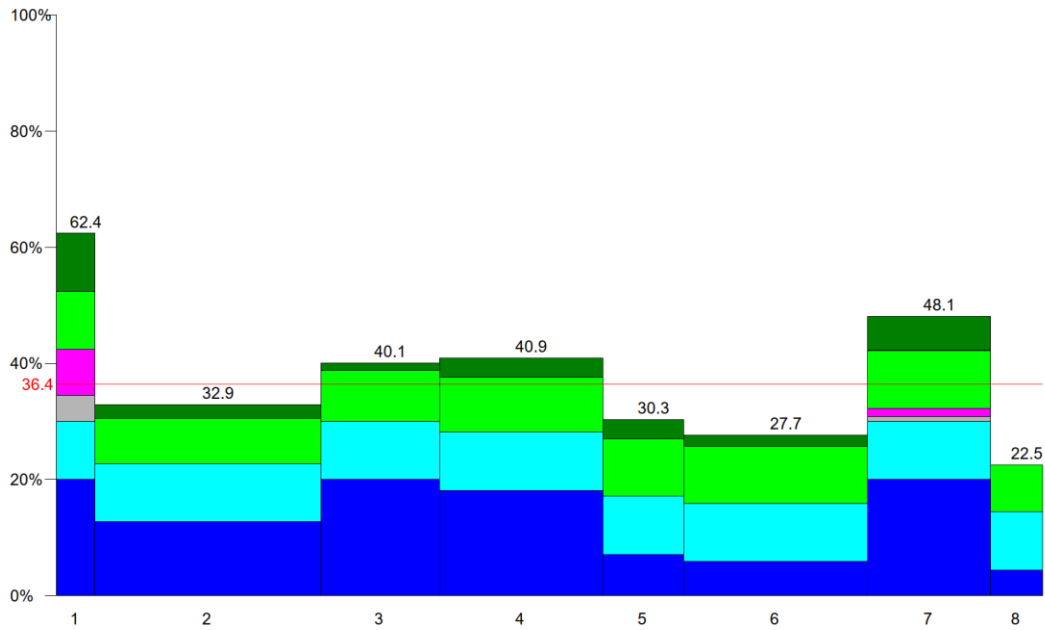


Abbildung 4: Bewertung nach Gewässerabschnitten im Projektzustand. Rot = durchschnittlicher Erfüllungsgrad

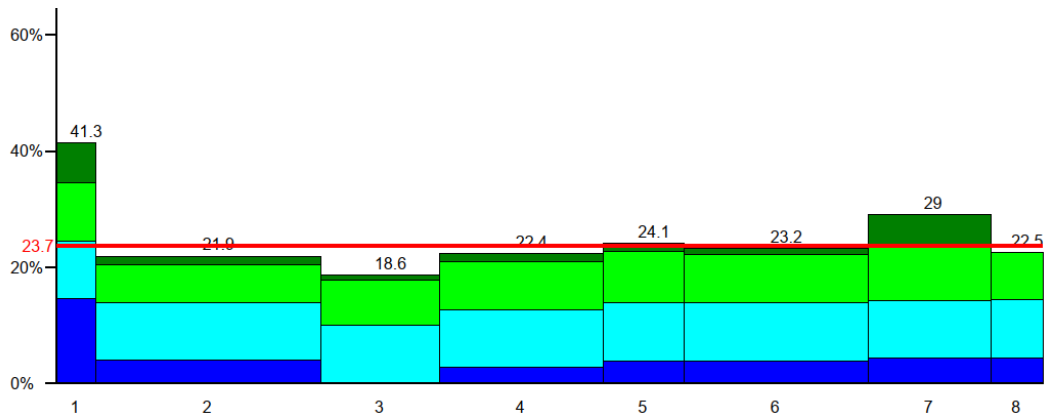


Abbildung 5: Bewertung nach Gewässerabschnitten, Ist-Zustand. Rot = durchschnittlicher Erfüllungsgrad



## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Basler & Hofmann AG, „Aktennotiz Natürliche Gerinnesohlenbreite, AN\_07776.000-001,“ Kriens, 24.11.2022.
- [2] 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.
- [3] Amt für Gewässer Kt. Schwyz, „Merkblatt Festlegung der Gewässerräume,“ Schwyz, 31.03.2023.
- [4] Amt für Gewässer, Marcel Budry, „Email GWR Ausscheidung,“ 20.06.2023.
- [5] R+K Büro für Raumplanung AG, *Zonenplan Siedlung*, Gemeinde Ingenbohl, 2021.
- [6] R+K Büro für Raumplanung AG, *Kantonaler Nutzungsplan. Entwicklungsachse Urmiberg. Teil Brunnen Nord*, Schwyz: Kanton Schwyz, Volkswirtschaftsdepartement , 2016.
- [7] Kanton Schwyz, RRB Nr. 324/2010, „Naturgefahren im Kanton Schwyz. Kantonale Naturgefahrenstrategie,“ Schwyz, 23.03.2010.
- [8] GEOTEST AG / beffa tognacca , „Naturgefahrenkarte Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord,“ Einsiedeln/Schwyz, Dezember 2007.
- [9] Kommission Hochwasserschutz (KOHS), „Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS),“ Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Fachzeitschrift Wasser Energie Luft, Baden, 2013.
- [10] ebs Energie AG, Bezirk Schwyz, „Revitalisierung Muota Abschnitt KW Brunnen. Submission Ingenieurleistungen Gesamtplaner SIA-Phasen 31-33. Dokument B Projekt- und Leistungsbeschrieb,“ ebs Energie AG, Bezirk Schwyz, Schwyz, 19. Juli 2022.
- [11] Auqa Plus AG, „Muotakraftwerke. Restwasserbericht. Fachbericht Schutz- und Nutzungsplanung,“ ebs Energie AG, Schwyz, 31.07.2021.

- [12] Aqua Plus AG, „Massnahmenblätter UVB / SNP Muotakraftwerke. Ersatzbedarf und Ausgleichsmassnahmen,“ ebs Energie AG, Schwyz, 31.07.2021.
- [13] Basler & Hofmann AG, „Aktennotiz. Natürliche Gerinnesohlenbreite Muota - Unterlauf,“ Bezirk Schwyz , Schwyz, 22.11.2022.
- [14] Aqua Plus AG, „Muotakraftwerke. Restwasserbericht. Fachbericht Gewässerökologie (RWB-GÖ),“ ebs Energie AG, Schwyz, 31.07.2021.
- [15] 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.
- [16] Aqua Plus AG, B+S AG, AF CONSULT, „Muotakraftwerke. Sanierungsbericht Schwall-Sunk. KW Wernisberg, KW Hinterthal und KW Bisisthal,“ ebs Energie AG, Schwyz, 2021.
- [17] Aqua Plus AG, „Muotakraftwerke. Schwall Sunk Sanierung KW Wernisberg. Beurteilung Sunkabfluss,“ ebs Energie AG, Schwyz, 2018.
- [18] epfl, laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), „Muotaholzbrücke Wylen, Modellversuche. Abklärung der Verklausungsgefahr,“ epfl, Lausanne , 12.10.2007.

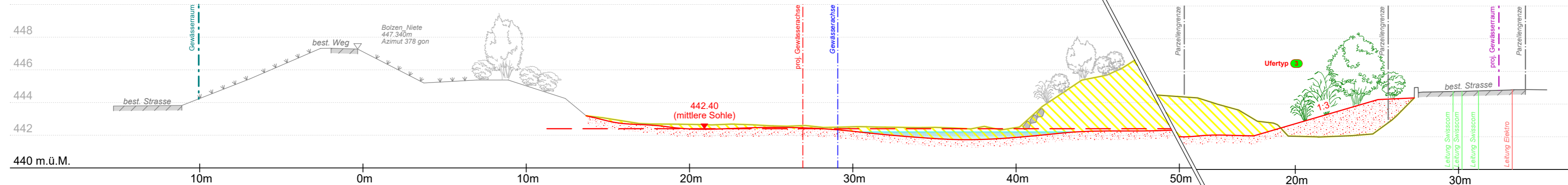
## 8 ANHANG

# Anhang A

Auswertung nach Roulier: charakteristische Querprofile der acht Abschnitte

**Abschnitt 1**

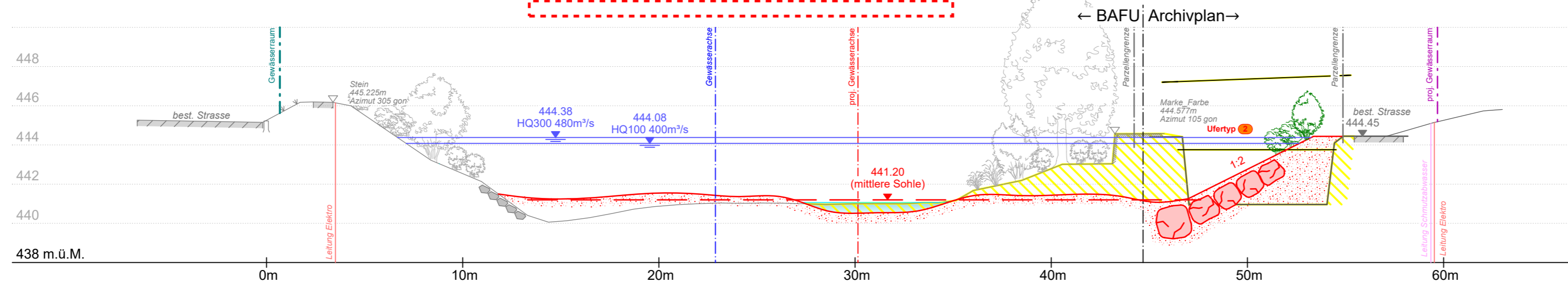
BAFU km 3.411  
GEWISS-Adr 3031



QP S7

**Abschnitt 2**

BAFU km 3.678  
GEWISS-Adr 2764



← BAFU Archivplan →

- Aquatischer Lebensraum
- Amphibischer Lebensraum
- Terrestrische Längsvernetzung
- Pufferzone
- mobilisierbarer Raum

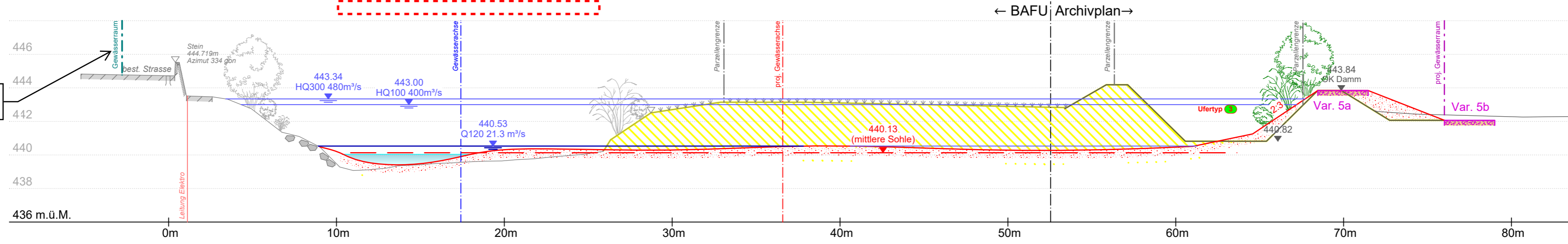
**Abschnitt 3**



BAFU km 3.908  
 GEWISS-Adr 2527

**Ist**

GWR: Aussparung  
 Kreisel

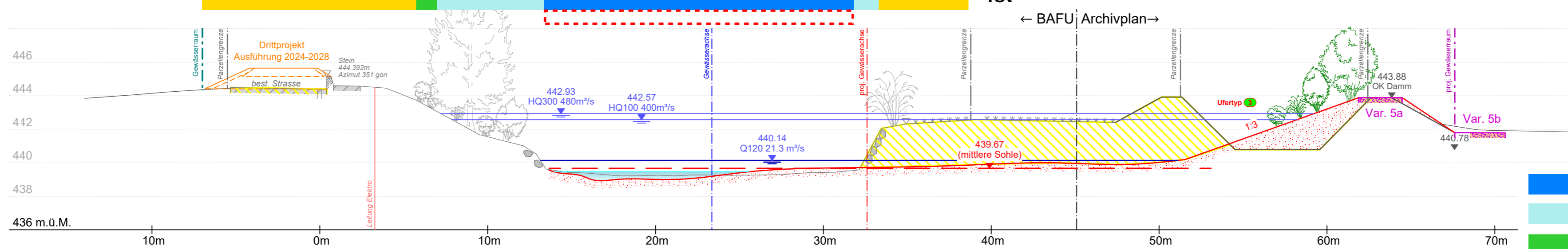


**Abschnitt 4**



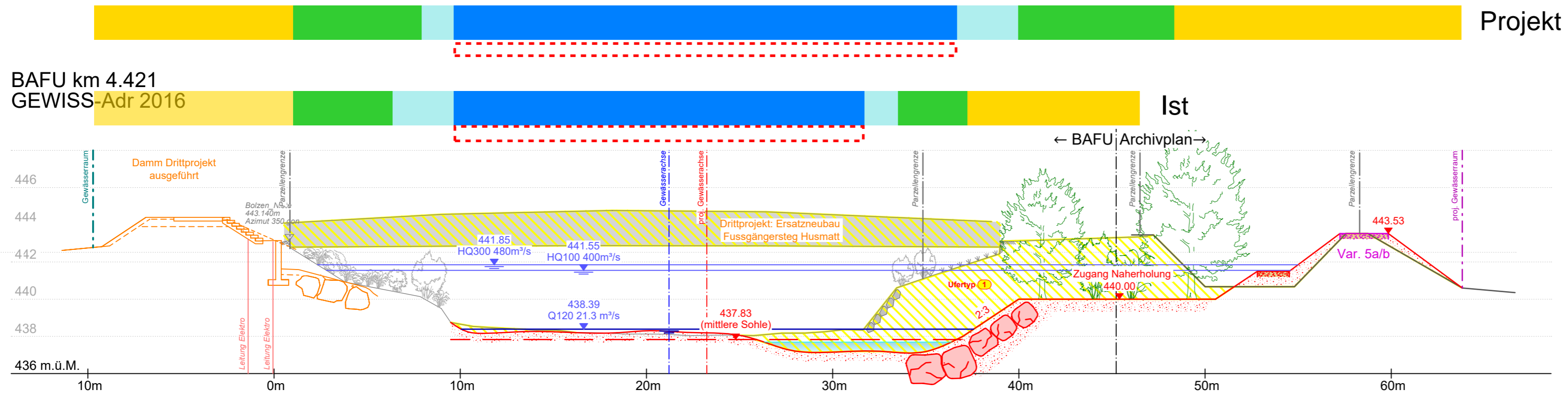
BAFU km 4.009  
 GEWISS-Adr 2425

**Ist**



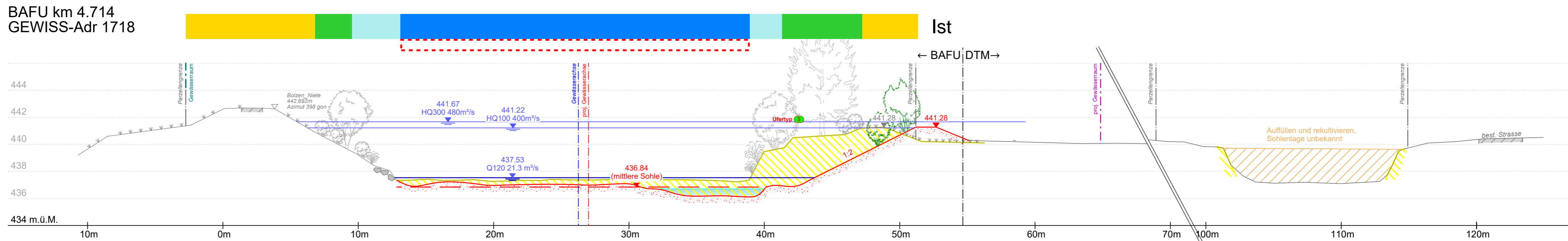
- Aquatischer Lebensraum
- Amphibischer Lebensraum
- Terrestrische Längsvernetzung
- Pufferzone
- mobilisierbarer Raum

Abschnitt 5



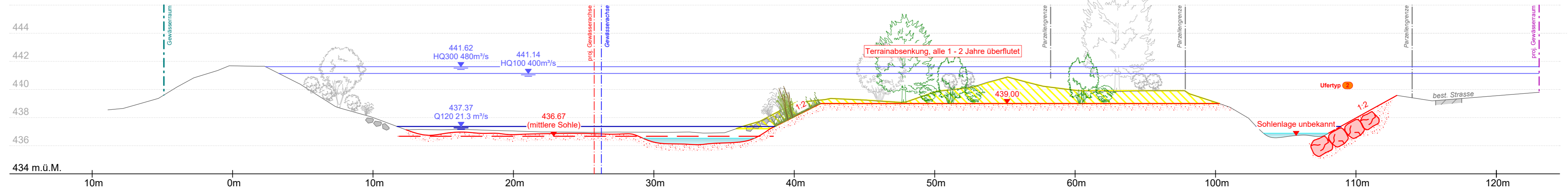
- Aquatischer Lebensraum
- Amphibischer Lebensraum
- Terrestrische Längsvernetzung
- Pufferzone
- mobilisierbarer Raum

Abschnitt 6



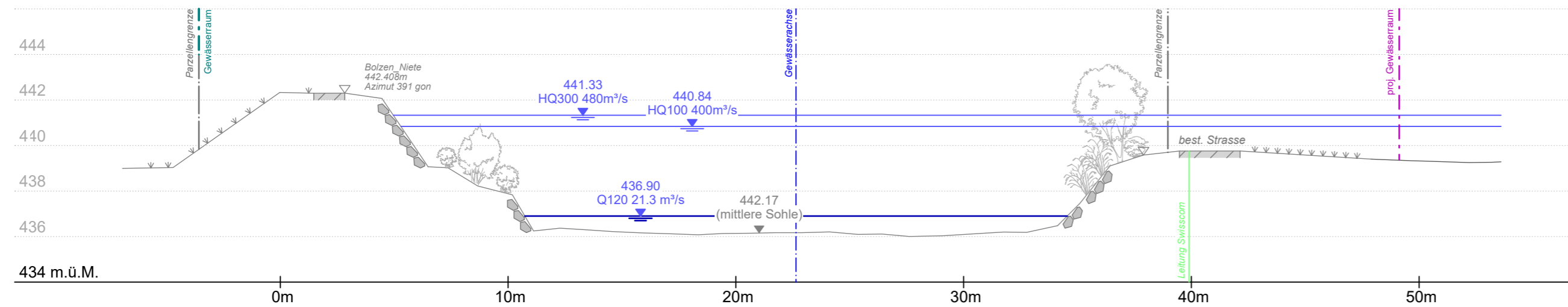
Abschnitt 7

BAFU km 4.778  
 GEWISS-Adr 1654  
 QP nicht vermessen (DTM)



Abschnitt 8

BAFU km 4.981  
 GEWISS-Adr 1445



Ist / Projekt

- Aquatischer Lebensraum
- Amphibischer Lebensraum
- Terrestrische Längsvernetzung
- Pufferzone



# Anhang B

Basler & Hofmann AG, Aktennotiz Natürliche Gerinnesohlenbreite, AN\_07776.000-001,  
Kriens, 24.11.2022.

---

Datum	24. November 2022
Dokument Nr.	AN_07776.000-001
Erstellt von:	Yannick Deicher, Basler&Hofmann AG Christian Wüthrich, Basler&Hofmann AG
Verteiler	Ernst Roth, Bezirk Schwyz Thomas Reichmuth, Bezirk Schwyz

---

**Basler & Hofmann AG**  
Ingenieure, Planer und  
Berater

—  
Nidfeldstrasse 5  
CH-6010 Kriens  
T +41 41 368 46 46

—  
[www.baslerhofmann.ch](http://www.baslerhofmann.ch)

# Natürliche Gerinnesohlenbreite Muota - Unterlauf

---

## 1. Einleitung

**Auftraggeber**                      Bezirk Schwyz  
Umwelt  
Strehlgasse 15  
6430 Schwyz

**Auftragnehmer**                 Basler & Hofmann AG  
Nidfeldstrasse 5  
6010 Kriens

### **Aufgabe**

Die Muota wurde nach dem Hochwasser vom Juni 1910 umfassend ausgebaut, kanalisiert und begradigt. Entsprechend liegen heute grosse morphologische und ökologische Defizite vor. Weitere Defizite ergeben sich durch die Wasserkraftnutzung (Restwasser, Schwall/Sunk, Fischgängigkeit) und den beeinträchtigten Geschiebehaushalt.

Im Rahmen der Ausarbeitung einer Vorstudie zum ökologischen Entwicklungspotential am Unterlauf der Muota durch die Basler & Hofmann AG wird ein mehrstufiges Vorgehen verfolgt. In einem ersten Schritt werden die natürliche Gerinneform und die natürliche Gerinnesohlenbreite hergeleitet. Die vorliegende Aktennotiz beschreibt die Herleitung der natürlichen Gerinnesohlenbreite gemäss den Anforderungen des Bundes [3].

## 2. Grundlagen

### Gesetzliche Grundlagen

- [1] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz GSchG), SR 814.20
- [2] Gewässerschutzverordnung (GSchV); SR 814.01

### Fachliche Grundlagen

- [3] Ermittlung der natürlichen Sohlenbreite – Anforderungen an das Fachgutachten Gewässerraum für die grossen Fliessgewässer, Hunziker, Zarn & Partner, November 2019
- [4] Flussvermessung Muota Längenprofil, Bundesamt für Umwelt BAFU, Messkampagne 2006 und 2015
- [5] Anhang zur Naturgefahrenkarte L06102.1 Schwyz-Ingenbohl-Morschach Nord, GEOTEST / beffa tognacca, Dezember 2007
- [6] Hydrodaten BAFU Hochwasserwahrscheinlichkeiten (Jahreshochwasser), Bundesamt für Umwelt BAFU, Beobachtungsperiode 1917-2018
- [7] Vorstudie Hochwasserschutz Tobelbach, BG Ingenieure und Berater AG, März 2020
- [8] Hochwasserschutz Lauerzersee – Grundsätzliche Möglichkeiten zur Reduktion der Hochwasserrisiken, Basler und Hofmann AG, Oktober 2016
- [9] Sanierung Geschiebehalt Muota, beffa tognacca gmbh, November 2018
- [10] EBS Sanierungsbericht Schwall Sunk Anhang SS-D – Hydraulische Modellierung Schwall-Sunk Prozesse Muota, AquaPlus, Juli 2017
- [11] Flussbauliche Analysen Arbeitspapier 3.4 zur Neukonzessionierung der Muota-Kraftwerke, beffa tognacca gmbh, September 2018
- [12] Zwischenbericht der strategischen Planung zur Sanierung Geschiebehalt, beffa tognacca gmbh, Juli 2014

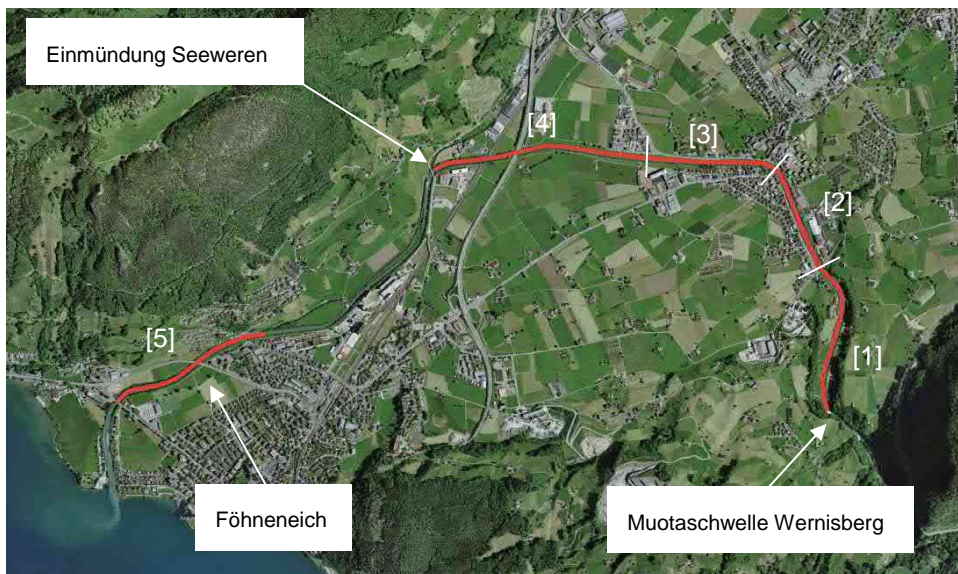
### Historische Dokumente und Karten

- [13] Siegfriedkarte 1897, Landestopografie
- [14] Dufourkarte 1869, Landestopografie
- [15] Div. Historische Pläne der Muotakorrekction
- [16] Historische Karte "Partie du canton de Lucerne d'Unterwalden d'Uri et Zurich le canton Glarus Schweiz", 1796
- [17] Historische Verkehrswege der Schweiz, 1820er Jahre
- [18] Karte der Gemeinde Schwyz, Jules Anselmier, Einsiedeln 1851
- [19] Plan Rotacher SG.CII.2355 (1852)
- [20] Plan Allmeinigarten Ingenbohl SG.CIII.111 (1817)
- [21] Plan Föhneneich/Hopfräben SG.CIII.2297 (1852)
- [22] Postkarte Schwyz original (107-SG.CII.2074\_Postkarte\_Mündung\_Seeweren)
- [23] Postkarte Schwyz vers les Mythes (01-SG.CII.32)

### 3. Ausgangslage

#### 3.1 Projektperimeter

Der Projektperimeter umfasst die Muotaabschnitte zwischen der Muotaschwelle in Wernisberg und der Einmündung der Seeweren sowie den Muotaabschnitt Föhneneich im Unterlauf der Muota. Aufgrund der laufenden Planungen in den Abschnitten Gersauerstrasse bis Mündung in den Vierwaldstättersee und "KW Brunnen" (Seewerenmündung bis Rückfluss Unterwasserkanal) wurde der Projektperimeter für die Studie um diese Abschnitte reduziert. Der Projektperimeter ist in der Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1**  
Projektperimeter (rot) mit Projektabschnitten im Unterlauf der Muota.

#### 3.2 Projektabschnitte

Die für Bestimmung der natürlichen Gerinnesohlenbreite relevanten Parameter (Gefälle, Abfluss, Korngrößenverteilung) ändern sich innerhalb des Projektperimeters. In Folge dessen wurden fünf Projektabschnitte gebildet, die hinsichtlich den relevanten Parametern in sich vergleichsweise homogen sind:

_ Projektabschnitt 1:	Wernisberg	[km 0.000 - km 0.885]
_ Projektabschnitt 2:	Hinteribach	[km 0.885 - km 1.511]
_ Projektabschnitt 3:	Ibach	[km 1.511 - km 2.304]
_ Projektabschnitt 4:	Grossried	[km 2.304 - km 3.488]
_ Projektabschnitt 5:	Föhneneich	[km 4.915 - km 5.892]

Die massgebenden Parameter zu den einzelnen Projektabschnitten sind in der Tabelle 1 zusammengefasst und im Kapitel Grundlagen (vgl. 4) erläutert.

Tabelle 1: Abschnittsbildung zur Bestimmung der nat. Gerinnesohlenbreite

#	Gefälle [%]	HQ <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Korngrösse Deckschicht [cm]	Korngrösse Unterschicht [cm]
1	0.64	150	185	21 - 30	10 - 14
2	0.38	150	185	18 - 21	9 - 10
3	0.38	155	191	14 - 16	7 - 8
4	0.38	155	191	14 - 16	7 - 8
5	0.38	166	203	14 - 16	7 - 8

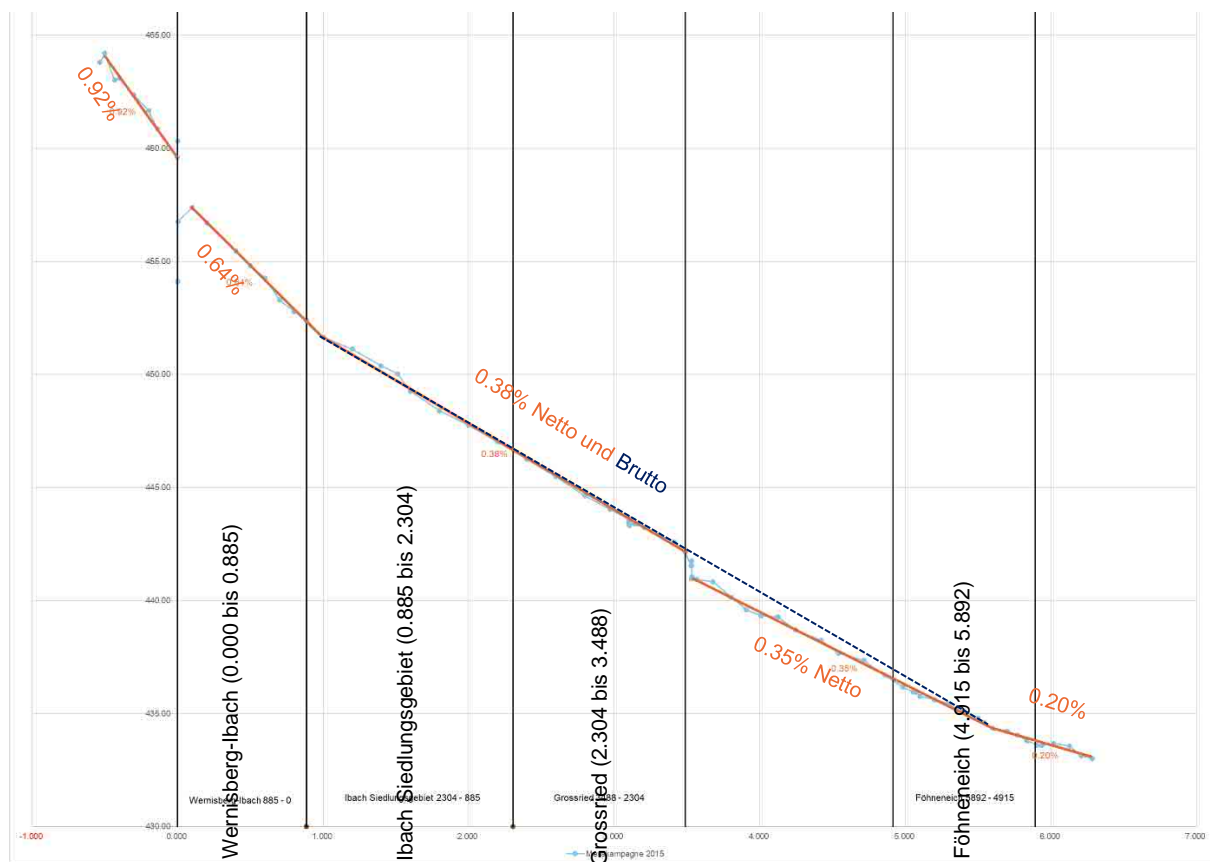
## 4. Grundlagen

### 4.1 Gefälle

Zur Ermittlung des Gefälles standen die Daten der Flussvermessung Muota des Bundesamts für Umwelt BAFU [3] zur Verfügung. Dabei waren insbesondere die beiden neusten Messkampagnen von 2006 und 2015 von Interesse.

Es zeigt sich, dass in diesen 10 Jahren zwischen km 0.000 bis km 2.400 (Projektabschnitte 1, 2 und 3) minimale Sohlenveränderungen stattgefunden haben. Ab km 2.400 bis km 4.400 (u.a. Projektabschnitt 4) hat sich die Muota um ca. 15 cm eingetieft. Ab km 4.400 bis zur Mündung in den Vierwaldstättersee (u.a. Projektabschnitt 5) hat sich die Flusssohle um ca. 30 cm erhöht.

Für die Herleitung der natürlichen Gerinnesohlenbreite ist das natürliche Gefälle (=°Bruttogefälle) massgebend. Dieses Gefälle wird nicht durch Wehranlagen, künstliche Schwellen oder Rampen beeinflusst. In natürlich fliessenden Gewässern entspricht das natürliche Gefälle ca. dem Talgefälle. Die Details sind der Abbildung 2 zu entnehmen.



**Abbildung 2:** Mittlere Sohlenhöhen aus der Messkampagne 2015 (orange eingezeichnet: Sohlengefälle, schwarz eingezeichnet: die verschiedenen Projektabschnitte bevor der zus. Abschnitt definiert wurde)

## 4.2 Abfluss

Der Abfluss der Muota im Projektperimeter ändert sich durch die wichtigsten Zuflüsse. Es sind dies der Ibach im Projektabschnitt 2, der Tobelbach (Dorfbach Schwyz) im Projektabschnitt 3 sowie die Seeweren (Ausfluss des Lauerzersees) am Ende des Projektabschnitts 4.

### 4.2.1 Datengrundlage

Abflussmessdaten mit Hochwasser- und Niederwasserstatistik stehen für die Muota bei der BAFU-Messstation Ingenbohl zur Verfügung [5]. In der Gefahrenkarte sind zudem Hochwasserabschätzungen für die Muota, den Tobelbach und die Seeweren publiziert [4]. Die in den Vorstudien HWS Tobelbach [6] und HWS Lauerzersee [7] verwendeten Abflussgrößen decken sich mit jenen aus der Gefahrenkartierung.

In der Gefahrenkartierung wurde zur Muota zudem vermerkt, dass ein Trend zu höheren Abflussspitzen erkennbar ist. In der zur Bestimmung der Abflussgrößen verwendeten Frequenzanalyse wurden deshalb nur die letzten 40 Jahre berücksichtigt, wodurch die Abflussmengen verglichen mit der Hochwasserstatistik des BAFU höher ausfallen. Die Hochwasserabflussmengen gemäss Gefahrenkartierung für die massgebenden Fließgewässer sind in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 zusammengefasst.

**Tabelle 2:** Abflussmengen Muota gem. Gefahrenkartierung

Nr.	Standort	EZG [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]	EHQ [m <sup>3</sup> /s]
1	Ibach		350	430	520
2	Zuflüsse		50	50	50
3	Ingenbohl	316	400	480	570

**Tabelle 3:** Abflussmengen Seeweren gem. Gefahrenkartierung

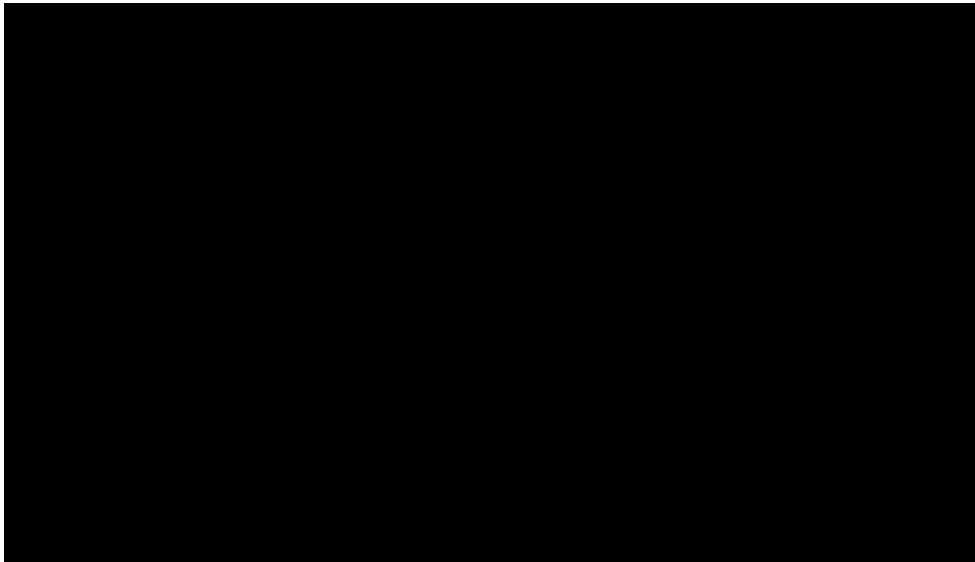
Nr.	Standort	EZG [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]
1	Seeweren	72	23	29	36 - 40
2	mit Nietenbach			32	40

**Tabelle 4:** Abflussmengen Tobelbach gem. Gefahrenkartierung

Nr.	Standort	EZG [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]	EHQ [m <sup>3</sup> /s]
1	Stampfbrücke	2.4			
2	Vor Dorfbach	3.5	30.0	40.0	50.0
3	Mit Dorfbach	7.0	40.0	50.0	60.0
4	Zufluss Huserenberg	0.3	6.0	8.0	10.0

#### 4.2.2 Bestimmung der bettbildenden Abflüsse

Die Abflussspitzen für die Extremereignisse  $HQ_{100}$  und  $HQ_{300}$  im Projektabschnitt 1 wurden aus der Gefahrenkarte [4] verwendet. Unterhalb des Zufluss Seeweren wurden für die Extremereignisse  $HQ_{100}$  und  $HQ_{300}$  ebenfalls die Werte aus der Gefahrenkarte verwendet. Zudem weist die Abflussmessstation Ingenbohl das  $HQ_2$  und  $HQ_{30}$  aus [5]. Diese vier Werte wurden anschliessend extrapoliert und mittels Potenzfunktion der bettbildende Abfluss  $HQ_5$  bestimmt. Für den Projektabschnitt 1 standen zudem Abflusswerte für das  $HQ_2$  und  $HQ_{10}$  an der Muotaschwelle aus der Studie Sanierung Geschiebehaushalt Muota [8] zur Verfügung. Die vier Werte wurden anschliessend extrapoliert und mittels Potenzfunktion der bettbildende Abfluss  $HQ_5$  bestimmt (Abbildung 3).

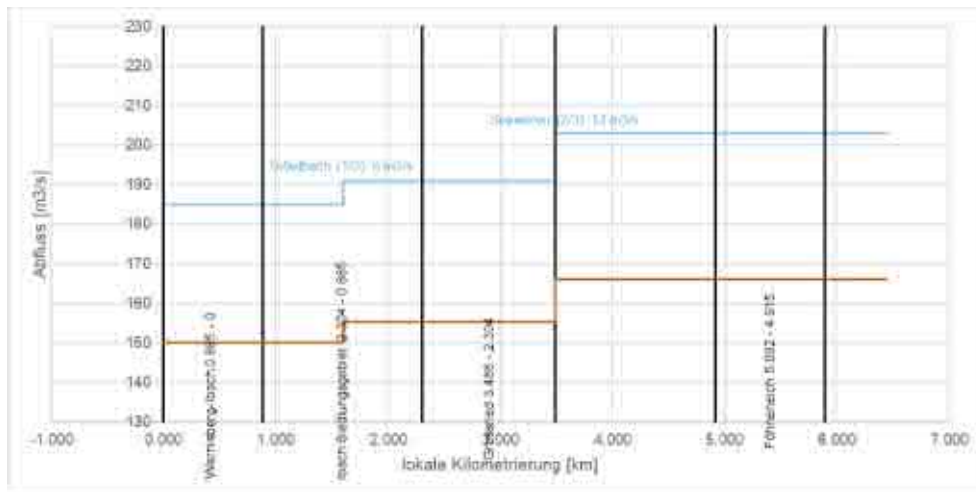


**Abbildung 3:** Hydrologie Muota - Extrapolation der häufigen Hochwasserabflüsse auf Basis bestehender hydrologischer Grundlagen

Für die relevanten Zuflüsse Ibach, Tobelbach und Seeweren wurden keine Angaben zu den bettbildenden Abflüssen ausgewiesen. In der Summe betragen die Zuflüsse aber die Differenz zwischen dem bettbildenden Abfluss im ersten und jenem im letzten Projektabschnitt. Es wird dabei angenommen, dass Hochwasserereignisse im Ibach und Tobelbach bereits wieder abnehmen, wenn die entsprechenden Abflussspitzen in der Muota erreicht werden. Es wird angenommen, dass die Zuflüsse Ibach/Tobelbach 1/3 der Differenz zwischen Projektabschnitt 1 und 5 zum bettbildenden Abfluss beitragen und die Seeweren 2/3. Der bettbildende Abfluss ( $HQ_2$  und  $HQ_5$ ) ist in der Abbildung 4 grafisch festgehalten.

In der Regimetheorie bilden die bettbildenden Abflüsse eine zentrale Grösse. Sie entsprechen ungefähr dem bordvollen Abfluss im natürlichen Gerinne (Wasserspiegelbreite = ca. Gerinnebreite). Der bettbildende Abfluss variiert je nach Gerinneform. Für ausgeprägt mäandrierende Gerinne wird ca.  $HQ_2$ , für verzweigte Gerinne ca.  $HQ_5$  vorgeschlagen. In der folgenden Abschätzung wurde jeweils mit einem Range  $HQ_2$  bis  $HQ_5$  gearbeitet.





**Abbildung 4:** Bettbildende Abflüsse HQ2 und HQ5. Sprünge sind auf zufließende Seitengewässer zurückzuführen. Schwarz eingezeichnet: die verschiedenen Projektabschnitte bevor der zusätzliche Abschnitt definiert wurde.

### 4.3 Korngrösse

Folgende Angaben zu den massgebenden Korngrössen der Deckschicht und des Unterschichtmaterials sind im Sanierungsbericht Schwall und Sunk der EBS im Anhang "SS-D – Hydraulische Modellierung Schwall-Sunk Prozesse Muota" [9] festgehalten. Sie wurden während einer Begehung optisch verifiziert.

**Tabelle 5 :** Verwendete Korngrössen zur Modellierung der Schwall-Sunk Prozesse aus dem Sanierungsbericht Schwall-Sunk der EBS

#	Abschnitt	D90 [cm]
1	Wernisberg	21 - 30
2	Hinteribach	18 - 21
3,4,5	Ibach; Grossried; Föhneneich	14 - 16

Für die im vorliegenden Verfahren angewandten regimetheoretischen Ansätze wird der mittlere Korndurchmesser ( $d_m$ ) benötigt. Bei der Wahl des massgebenden Korndurchmessers ist zwischen demjenigen des Sohlenmaterials (Unterschicht) und des laufenden Materials zu unterscheiden. Das laufende Material ist mehrheitlich feiner als das Deckschichtmaterial. Bei mäandrierenden und geradlinigen Gerinnen Massgebender Korndurchmesser =  $d_m$  des Unterschichtmaterials. Bei der Begehung hat sich gezeigt, dass die Muota in allen Abschnitten eine gepflästerte Deckschicht ausgebildet hat. Dabei bildet der  $d_{90}$ -Korndurchmesser den massgebenden Korndurchmesser, wohingegen der massgebende Korndurchmesser  $d_m$  des Unterschichtmaterials abgemindert werden muss. Dazu wurde folgende Beziehung verwendet:

$$d_{90} = 2.1 * d_m$$

Im Rahmen der strategischen Planung zur Sanierung des Geschiebehaushalts an der Muota wurden Korngrössenverteilungen mittels Linienzahlproben erhoben [12]. Die dort ermittelten Werte decken sich mit der in der vorliegenden Aktennotiz getätigten Annahmen.

## 5. Methoden

### 5.1 Historische Dokumente

Die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten und im Rahmen einer Onlinerecherche in zahlreichen Archiven beschafften historischen Dokumente weisen unterschiedliche Qualitäten auf. Historische Karten mit grossem Massstab eignen sich ausschliesslich zur Bestimmung der natürlichen Gerinneform und zur Dokumentation der historischen Entwicklung der Verbauungen an der Muota (5.1.1). Massstabsgetreue Detailpläne zu bestimmten Flurgebieten, die sich zur Bestimmung der natürlichen Gerinnesohlenbreite eignen, existieren ab 1817 (5.1.2).

#### 5.1.1 Historische Entwicklung natürliche Gerinneform

Erste Korrekturmassnahmen an der Muota rund um die Siedlung Ibach werden im frühen 19. Jahrhundert vermutet (Abbildung 6, [16]). Unterhalb des Zufluss der Seeweren scheint die Muota ab Mitte des 19. Jahrhunderts gestreckter zu verlaufen. Effektive Ufersicherungsmassnahmen sind jedoch nicht dokumentiert, werden jedoch abschnittsweise vermutet (Abbildung 6, [18]).

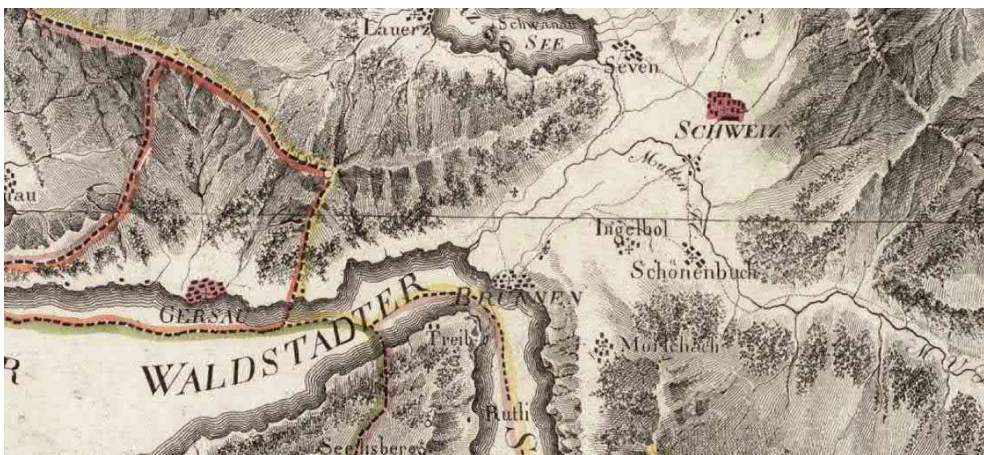


Abbildung 5: Partie du canton de Lucerne d'Unterwalden d'Uri et Zurich le canton Glarus Schweiz (1796)

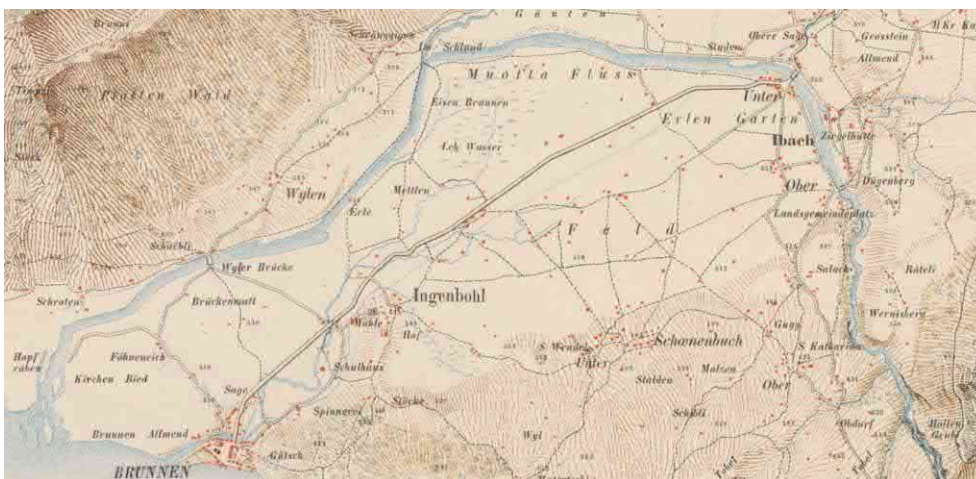


Abbildung 6: Karte der Gemeinde Schwyz von Jules Anselmier (Schwyz, 1851)

Die Tendenz zur natürlichen Gerinneform "schwach mäandrierendes Gerinne mit Inseln und Bänken" ist trotz der bereits getätigten Verbauungen auch in der Siegfriedkarte (Abbildung 7, [13]) noch gut ersichtlich. So sind die Kiesbänke und Inseln im Projektabschnitten 3 und 4 erkennbar, auch bei der Wilerbrücke (Projektabschnitt 5) zeigen sich noch Relikte der ursprünglichen Gerinneform.

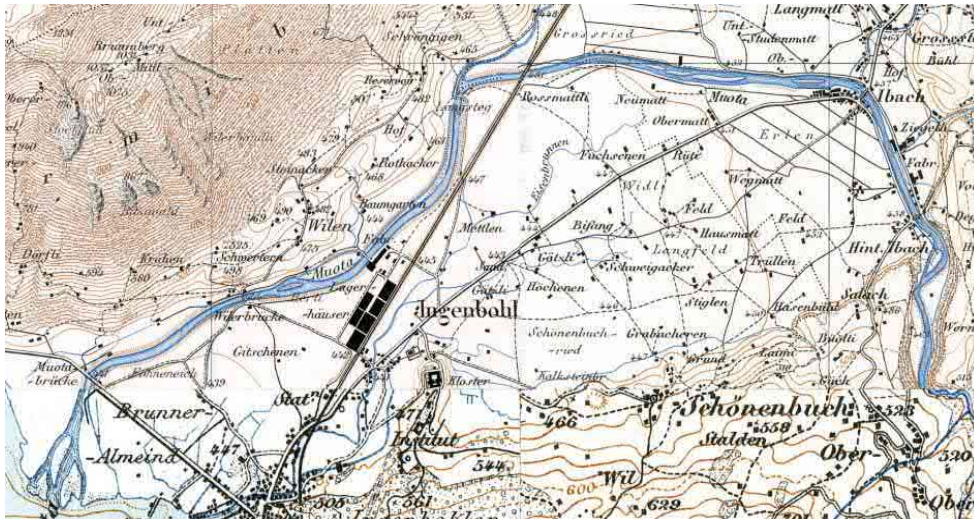


Abbildung 7: Siegfriedkarte (1895)

Die Gerinneform für die in der vorliegenden Aktennotiz relevanten Abschnitte der Muota wird als "schwach mäandrierend" definiert, wobei sich diese Gerinneform von der Gerinneform "Gerinne mit alternierenden Bänken" insofern unterscheidet als dass bei letzterer der Raum für schwache Mäander nicht zur Verfügung steht.

### 5.1.2 Natürliche Gerinnesohlenbreite

Für die Bestimmung der natürlichen Gerinnesohlenbreite anhand von historischen Karten standen massstabsgetreue historischen Pläne aus den Jahren 1817, 1852 und 1910 zur Verfügung. Die Ausdehnung des Flussraums der Muota lassen sich anhand dieser Pläne gut bestimmen, hinsichtlich Gerinnesohlenbreite bestehen Unsicherheiten, sind doch beispielsweise Kiesbänke in den Plänen nicht dargestellt. Die historischen Pläne zeigen ein hinsichtlich Gerinnesohlenbreite variables Gerinne, welche sich vom Projektabschnitt 1 bis zum Projektabschnitt 5 im Bereich zwischen 35 m und 65 m bewegt. Es sind keine ausgeprägten Unterschiede in den einzelnen Abschnitten evaluierbar. Die Details sind im Anhang A dokumentiert.

## 5.2 Naturnahe Vergleichsstrecken

Für die Bestimmung der natürlichen Gerinnesohlenbreite anhand von natürlichen Vergleichsstrecken wurden drei naturnahe Fliessgewässerabschnitte an anderen Fliessgewässern herangezogen, da an der Muota keine entsprechenden Abschnitte existieren:

- \_ Thur bei Lütisburg, Kanton Sankt Gallen
- \_ Kleine Emme bei Entlebuch, Kanton Luzern
- \_ Sense unterhalb Mündung Schwarzwasser, Kantone Bern und Freiburg

Naturnahe Vergleichsstrecken sollten möglichst die gleichen relevanten Parameter aufweisen wie der Projektperimeter. Keine der Vergleichsstrecken deckt sich mit sämtlichen relevanten Parametern der Muota sehr gut. Während die Vergleichsstrecke an der Thur hinsichtlich Gefälle mit dem Projektperimeter am Besten vergleichbar ist, deckt sich die Vergleichsstrecke an der Kleinen Emme hinsichtlich dem bettbildenden Abfluss und die Vergleichsstrecke an der Sense hinsichtlich der Einzugsgebietsgrösse mit dem Projektperimeter am Besten. Die Details sind der Tabelle 6 zu entnehmen. Die kartografischen Details zu den drei Vergleichsstrecken sind im Anhang B dokumentiert.

**Tabelle 6:** Relevante Parameter der Muota und der Vergleichsstrecken

Fliessgewässer	Abflussregime	EZG [km <sup>2</sup> ]	Abfluss HQ <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Gefälle [%]	Nat. GSB [m]
Muota	nival	220 - 320	150 - 166	0.2 – 0.65	
Thur	nivo-pluvial	443	286	ca. 0.4	30 - 55
Kleine Emme	nival	240	152	ca. 1.6	25 - 40
Sense	nivo-pluvial	314	129	ca. 0.9	20 - 55

Die naturnahen Vergleichsstrecken zeigen analog der Herleitung anhand von historischen Plänen (vgl. 5.1.2) ein hinsichtlich Gerinnesohlenbreite variables Gerinne. Die natürliche Gerinnesohlenbreite bewegt sich in einem Bereich zwischen 20 m und 55 m. Die ausgewiesenen Werte der natürlichen Gerinnesohlenbreite der Vergleichsstrecken zeigen eine Momentaufnahme (Zeitpunkt der Luftbildaufnahme). Es gilt zu berücksichtigen, dass der ufernahe Bewuchs und der Bewuchs von Kiesbänken in Abhängigkeit von Hochwasserereignissen über die Zeit variieren kann und damit zu einem anderen Dokumentationszeitpunkt andere Werte für die natürliche Gerinnesohlenbreite hergeleitet werden könnten.

## 5.3 Terrainanalyse

Im Projektperimeter lassen sich im Terrain keine Rückschlüsse zur natürlichen Gerinneform oder zur natürlichen Gerinnesohlenbreite ableiten. Entsprechend konnte anhand von Terrainanalysen keine Angaben zu der natürlichen Gerinnesohlenbreite abgeleitet werden.

5.4 Empirische Ansätze

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden vier Formeln angewandt, wobei zwei davon die Grenzbreite (Ashmore, Millar) und zwei die Gleichgewichtsbreite (Yalin, Parker) abschätzen. Wie die einzelnen empirischen Ansätze funktionieren, wird im Fachgutachten "Gewässerraum für die grossen Fließgewässer" [3] erläutert. Alle empirischen Ansätze gehen von einem Gewässer aus, welches sich in einem stabilen Zustand befindet. Die empirischen Ansätze ergeben die berechneten Gerinnesohlenbreiten gemäss Tabelle 7.

Tabelle 7: Mit Hilfe der empirischen Ansätze ermittelte minimale und maximale natürliche Gerinnesohlenbreite

#		Yalin	Parker	Ashmore	Millar
		Gleichgewichtsbr.	Gleichgewichtsbr.	Grenzbreite	Grenzbreite
1	min.	30 m	39 m	47 m	28 m
	max.	36 m	47 m	71 m	42 m
2	min.	33 m	42 m	40 m	26 m
	max.	37 m	48 m	51 m	33 m
3	min.	35 m	46 m	48 m	32 m
	max.	40 m	52 m	62 m	41 m
4	min.	35 m	46 m	48 m	32 m
	max.	40 m	52 m	62 m	41 m
5	min.	36 m	47 m	51 m	34 m
	max.	42 m	54 m	65 m	43 m

Aufgrund der Morphologie der Muota sind nur die Ansätze zur Bestimmung der Gleichgewichtsbreite (Yalin, Parker) massgebend (Abbildung 8).




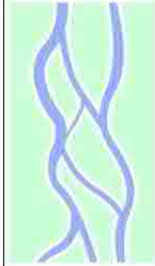
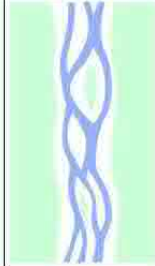
		geradliniges Gerinne	ausgeprägt mäandrierendes Gerinne	schwach mäandrierendes Gerinne	mehrramiges Gerinne	verzweigtes Gerinne
Einteilung der natürlichen Gerinneform						
Merkmale der natürlichen Gerinneform		steiles Gefälle, wenig seitliche Verlagerung, meist grobes Sohlenmaterial	flaches Gefälle, sich überholende Mäanderschlaufen, bildet Altarme	Sinuskurvenförmig, Mäanderschlaufen wandern talabwärts, bildet keine Altarme	Unterteilung in längere Teilgerinne	breite Sohle mit Böden und verzweigten Strukturen, nur kurze Teilgerinne
Parameter für Formeln	bettbildender Abfluss	$HQ_2 - HQ_3$	$HQ_2$	$HQ_2 - HQ_3$	$HQ_2 - HQ_3$	$HQ_3$
	Material für Korndurchmesser	tendenziell Unterschichtsmaterial	tendenziell Unterschichtsmaterial	tendenziell Unterschichtsmaterial	tendenziell feiner als Unterschichtsmaterial	tendenziell feiner als Unterschichtsmaterial
erwartete natürliche Breite		Gleichgewichtsbreite	Gleichgewichtsbreite	Gleichgewichtsbreite mit leichter Tendenz zu Grenzbreite	Gleichgewichtsbreite mit Tendenz zu Grenzbreite	meist deutl. breiter als Gleichgewichtsbreite, Tendenz zu Grenzbreite, bei starker Auffandung ca. Grenzbreite

Abbildung 8: Verschiedene Morphologietypen, welche sich je nach Abfluss, Gefälle und Korndurchmesser einstellen können.

Die empirischen Ansätze nach Yalin und Parker zeigen für die Projektabschnitte Gleichgewichtsbreiten zwischen 30 m und 54 m. Sowohl die Minima als auch die Maxima nehmen von Projektabschnitt 1 (30 m/47 m) bis zum Projektabschnitt 5 (36°m/54 m) kontinuierlich leicht zu. Die Variabilität ist analog der Herleitung anhand von historischen Plänen (vgl. 5.1.2) und den naturnahen Vergleichsstrecken (vgl. 5.2) vergleichsweise hoch. Die Maxima bewegen sich im Bereich von 150% der Minima.

## 6. Resultate

### 6.1 Gewichtung

#### 6.1.1 Gewichtung innerhalb der Methoden

Im Rahmen der angewandten Methoden (vgl. 0) fanden verschiedene Grundlagen Eingang in die Abschätzung der natürlichen Gerinnesohlenbreiten. Innerhalb der einzelnen Methoden wurden die verwendeten Grundlagen aufgrund ihrer Aussagekraft unterschiedlich stark gewichtet. Es resultiert eine Aussage zu den gewichteten minimalen, mittleren und maximalen Gerinnesohlenbreite pro Methode und Projektabschnitt.

Im Fall der Herleitung auf Basis von historischen Plänen ist beispielsweise der Situationsplan aus dem Projektabschnitt 1 nicht repräsentativ für den Projektabschnitt 5, da der bettbildende Abfluss deutlich kleiner, das Gefälle aber deutlich grösser ist. Liegt für einen Abschnitt nur ein historisches Dokument vor, so liegt die Gewichtung bei 100%. Sind es zwei Dokumente bei 50% usw. Die gewichteten Resultate sind in der Tabelle 8 zusammengefasst.

**Tabelle 8:** Gewichtete Natürliche Gerinnesohlenbreite pro Abschnitt gemäss historischen Plänen

#	Gewichtete Gerinnesohlenbreiten		
	Minimum [m]	Mittel [m]	Maximum [m]
1	40	50	60
2	46	55	63
3	46	55	63
4	46	55	63
5	40	54	68

Im Fall der Herleitung auf Basis von naturnahen Vergleichsstrecken wurden die besser geeignete Vergleichsstrecken der Kleinen Emme und der Sense mit 40% gewichtet und jener an der Thur mit 20%. Die gewichteten Resultate sind in der Tabelle 9 zusammengefasst.

**Tabelle 9:** Gewichtete Natürliche Gerinnesohlenbreite pro Abschnitt gemäss naturnahen Vergleichsstrecken

#	Gewichtete Gerinnesohlenbreiten		
	Minimum [m]	Mittel [m]	Maximum [m]
1	24	37	49
2	24	37	49
3	24	37	49
4	24	37	49
5	24	37	49

Die empirischen Ansätze wurden entsprechend dem Gerinnetyp des jeweiligen Abschnitts gewichtet. Beim schwach mäandrierenden Gerinne, welches in allen Abschnitten dem natürlichen Gerinnetyp entspricht, ist die Gleichgewichtsbreite massgebend. Die beiden entsprechenden empirischen Ansätze wurden mit jeweils 50% gewichtet. Die gewichteten Resultate sind in der Tabelle 10 zusammengefasst.

**Tabelle 10:** Gewichtete Natürliche Gerinnesohlenbreite pro Abschnitt gemäss empirischen Methoden

#	Gewichtete Gerinnesohlenbreiten		
	Minimum [m]	Mittel [m]	Maximum [m]
1	35	39	42
2	38	41	43
3	40	43	46
4	40	43	46
5	42	45	48

### 6.1.2 Gewichtung pro Methode

Die Resultate pro Methoden (vgl. 6.1.1) werden anschliessend ihrerseits untereinander gewichtet. Die Gewichtung der Methoden hängt von der Aussagekraft der vorhandenen Grundlagen ab und muss gutachterlich erfolgen. Da historische Dokumente meist spezifischer und aussagekräftiger als naturnahe Vergleichsstrecken an anderen Fliessgewässern und empirischen Ansätze sind, werden die Werte gemäss Tabelle 8 mit 50% gewichtet. Im vorliegenden Fall standen nur sehr wenige historische Dokumente (abschnittsweise sehr wenige) zur Herleitung der natürlichen Gerinnesohlenbreite zur Verfügung und hinsichtlich allen Vergleichsstrecken bestehen gewisse Vorbehalte. Die empirischen Ansätze stellen den einzigen methodischen Ansatz dar, welcher mit einer über alle Projektabschnitte einheitlichen Grundlage angewandt werden konnte. Deshalb werden die empirischen Ansätze mit 30% gewichtet. Die naturnahen Vergleichsstrecken, die aufgrund der Charakteristiken nur bedingt auf die Muota übertragen werden können, werden mit 20% gewichtet.

### 6.2 Natürliche Gerinnesohlenbreite

Aus den gewichteten Resultaten der verschiedenen Methoden (vgl. 6.1) wurde für jeden Projektabschnitt eine minimale, eine mittlere und maximale natürliche Gerinnesohlenbreite berechnet (Tabelle 11). Die mittlere natürliche Gerinnesohlenbreite liegt zwischen 44 m (Wernisberg) bis 48 m (Föhneneich). Die Resultate zeigen bei den Minima, dem Mittel und dem Maxima eine leichte Zunahme vom Projektabschnitt 1 hin zum Projektabschnitt 5 im Umfang von 4 bis 6 m. Die Variabilität zwischen der minimalen natürlichen Gerinnesohlenbreite und der maximalen natürlichen Gerinnesohlenbreite ist gross und erreicht teilweise fast 160% (gewichtetes Maximum) des gewichteten Minimums.

**Tabelle 11:** Natürliche Gerinnesohlenbreite pro Projektabschnitt

#	Minimale natürliche Gerinnesohlenbreite	Mittlere natürliche Gerinnesohlenbreite	Maximale natürliche Gerinnesohlenbreite
	[m]	[m]	[m]
1	35	44	52
2	39	47	54
3	40	48	55
4	40	48	55
5	37	48	58



**6.3 Sensitivitätsanalyse**

Die Gewichtung der einzelnen Methoden wurde genauer auf ihre Sensitivität analysiert. Je nachdem, wie stark die historischen Dokumente im Vergleich zu den Vergleichsstrecken und empirischen Ansätzen gewichtet werden, verändert sich die natürliche Gerinnesohlenbreite in einer Grössenordnung von ± 2 bis 3 m.

**6.4 Plausibilisierung**

Mit Hilfe des Abgrenzungskriteriums von Ahmari und Da Silva (2011) wurde anhand des Gefälles, der ermittelten mittleren natürlichen Gerinnesohlenbreite, des massgebenden Korndurchmessers und der sich einstellenden Abflusstiefe die natürliche Gerinneform ermittelt. In sämtlichen Abschnitten würden sich nach dem Abgrenzungskriterium alternierende Bänke oder schwache Mäander ausbilden. Die Gerinneform entspricht somit den Annahmen, die getroffen wurden.

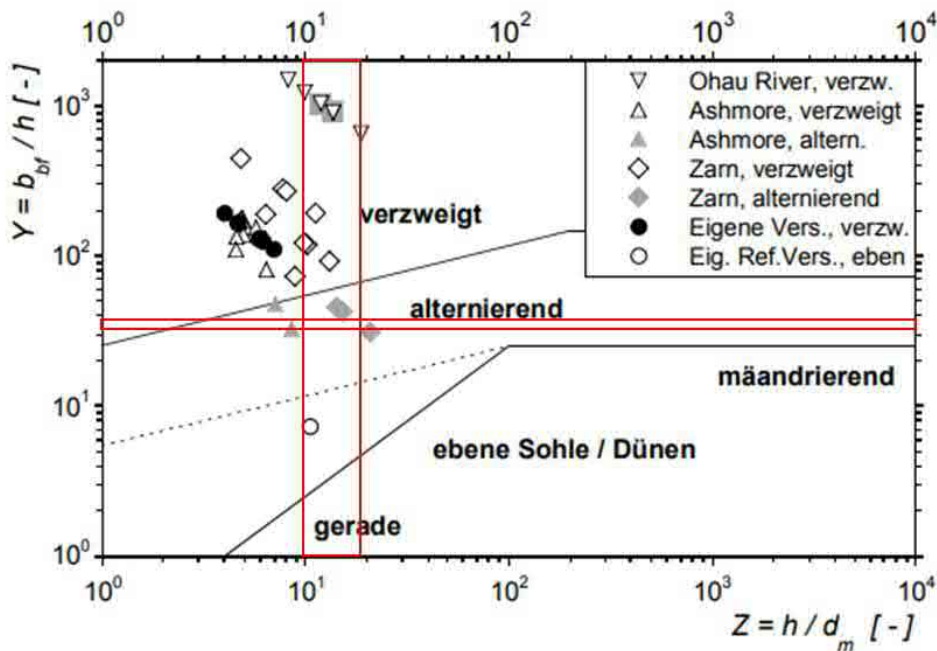
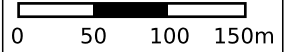


Abbildung 9: Abgrenzung der Gerinneformen nach Ahmari und Da Silva (2011)

**Anhang A: Natürliche Gerinnesohlenbreiten gemäss  
historischen Detailplänen**

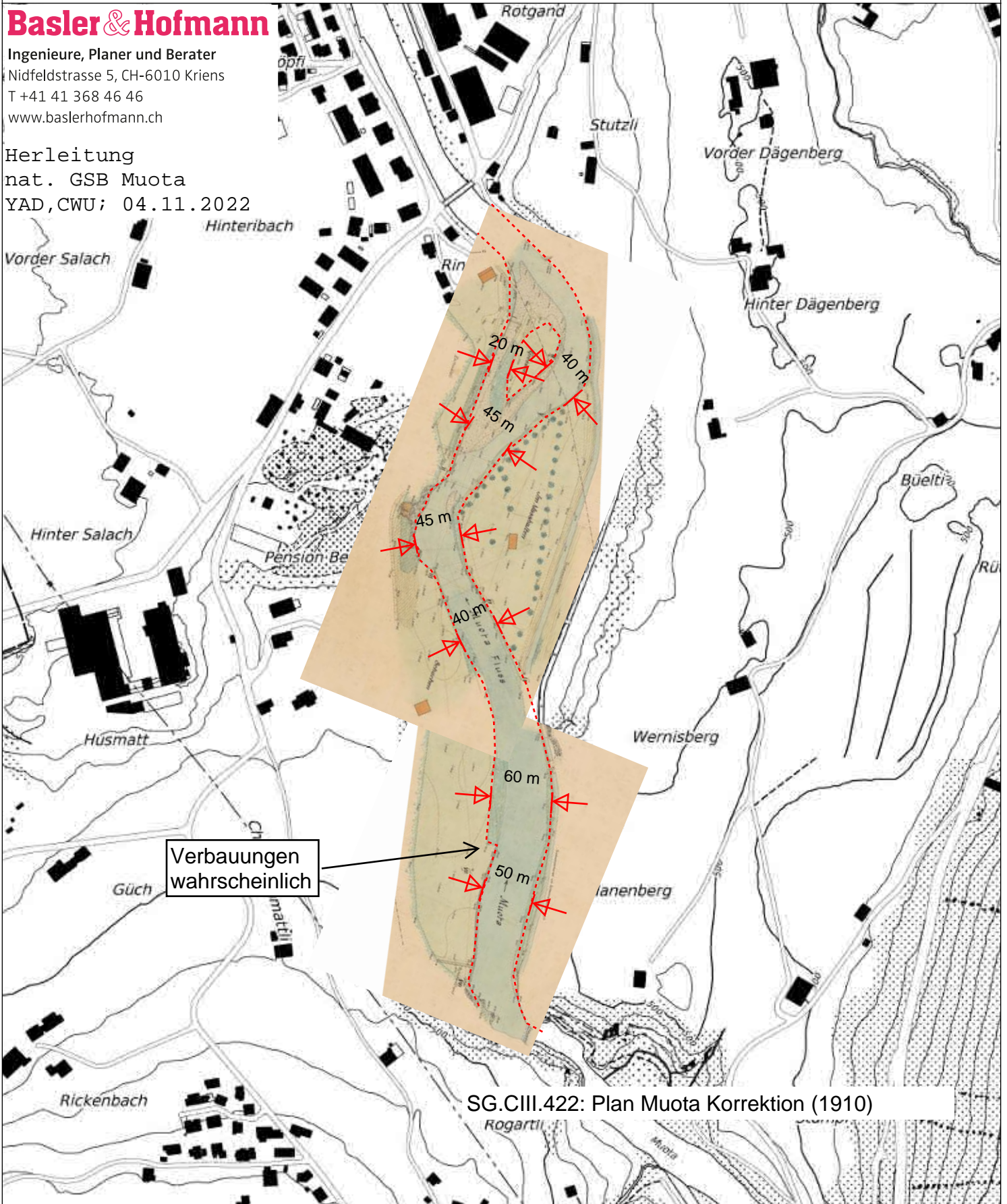


Die dargestellten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können keine rechtlichen Ansprüche abgeleitet werden. Verbindliche Auskünfte erteilen ausschliesslich die zuständigen Stellen. Für die Benützung der Daten zu gewerblichen Zwecken und für alle Veröffentlichungen ist eine Bewilligung erforderlich. Auskünfte sind beim Amt für Geoinformation (AGI) einzuholen.

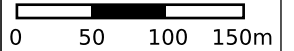
## Basler & Hofmann

Ingenieure, Planer und Berater  
Nidfeldstrasse 5, CH-6010 Kriens  
T +41 41 368 46 46  
www.baslerhofmann.ch

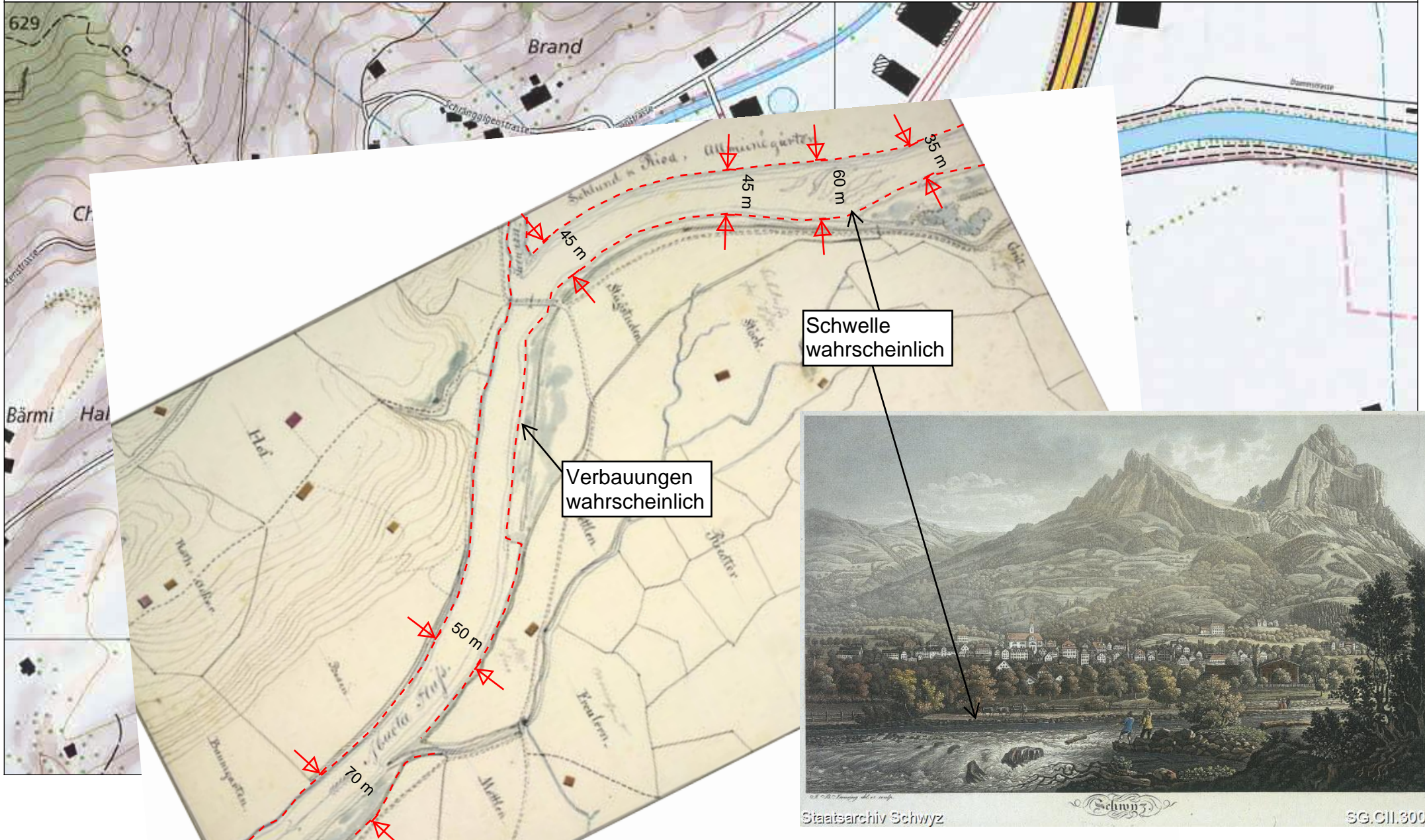
Herleitung  
nat. GSB Muota  
YAD, CWU; 04.11.2022

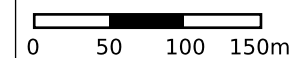
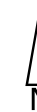


SG.CIII.422: Plan Muota Korrektion (1910)



Die dargestellten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können keine rechtlichen Ansprüche abgeleitet werden. Verbindliche Auskünfte erteilen ausschliesslich die zuständigen Stellen. Für die Benützung der Daten zu gewerblichen Zwecken und für alle Veröffentlichungen ist eine Bewilligung erforderlich. Auskünfte sind beim Amt für Geoinformation (AGI) einzuholen.



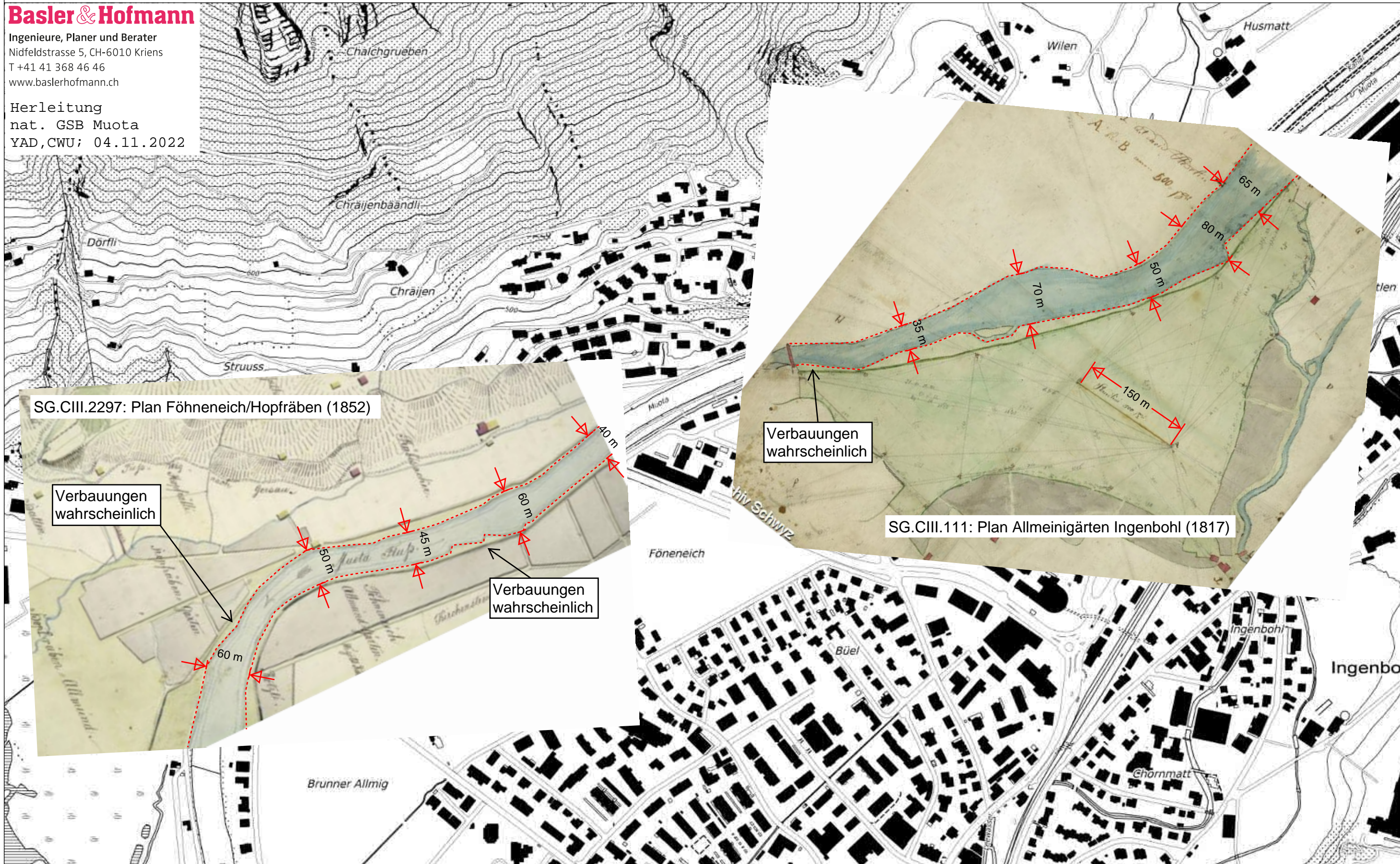


Die dargestellten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können keine rechtlichen Ansprüche abgeleitet werden. Verbindliche Auskünfte erteilen ausschliesslich die zuständigen Stellen. Für die Benützung der Daten zu gewerblichen Zwecken und für alle Veröffentlichungen ist eine Bewilligung erforderlich. Auskünfte sind beim Amt für Geoinformation (AGI) einzuholen.

**Basler & Hofmann**

Ingenieure, Planer und Berater  
Nidfeldstrasse 5, CH-6010 Kriens  
T +41 41 368 46 46  
www.baslerhofmann.ch

Herleitung  
nat. GSB Muota  
YAD,CWU; 04.11.2022



SG.CIII.2297: Plan Föhneneich/Hopfräben (1852)

SG.CIII.111: Plan Allmeingärten Ingenbohl (1817)

Verbauungen  
wahrscheinlich

Verbauungen  
wahrscheinlich

Verbauungen  
wahrscheinlich

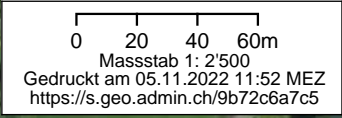
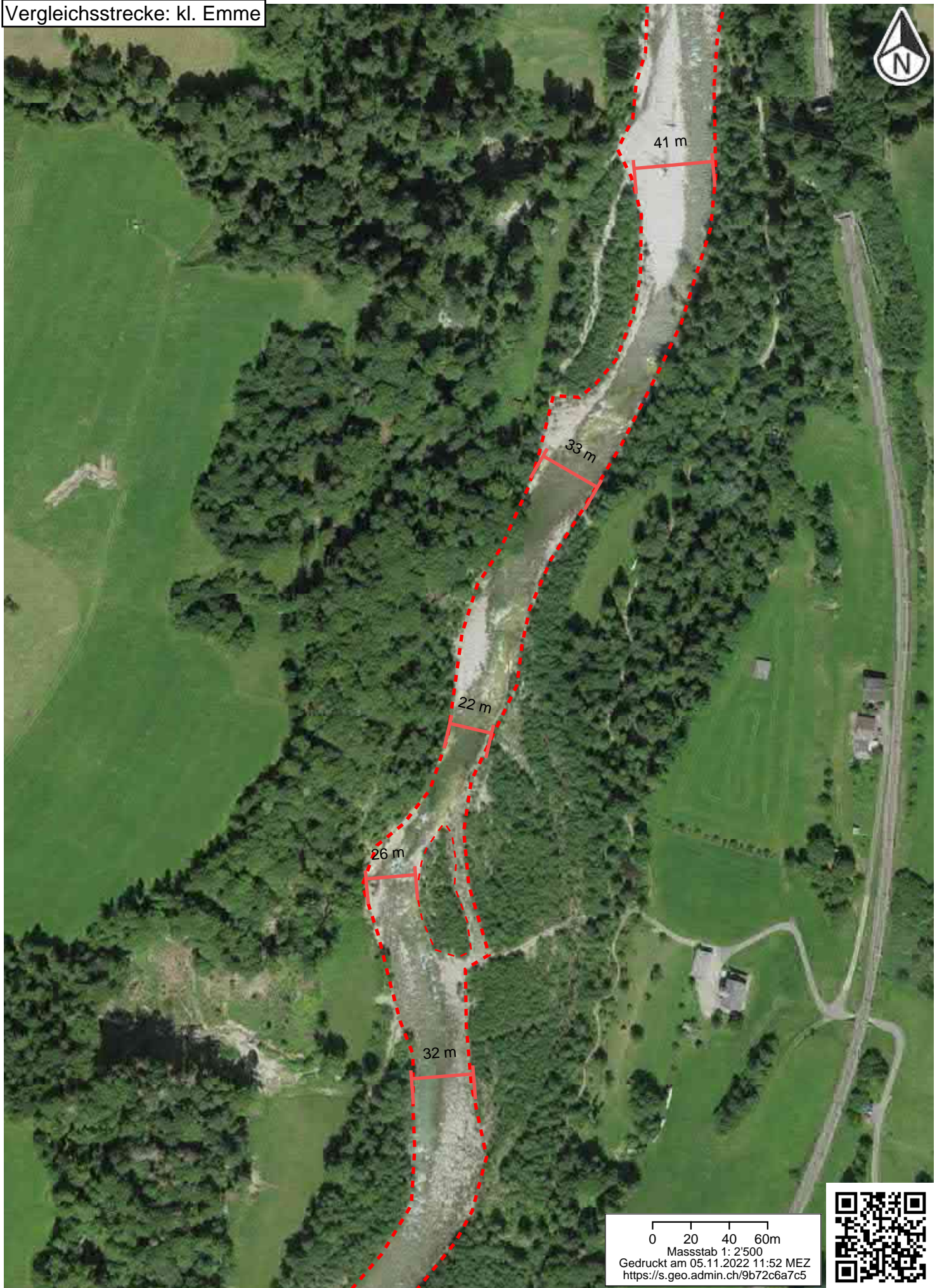
**Anhang B: Natürliche Gerinnesohlenbreiten gemäss  
Vergleichsstrecken**

Vergleichsstrecke: Thur

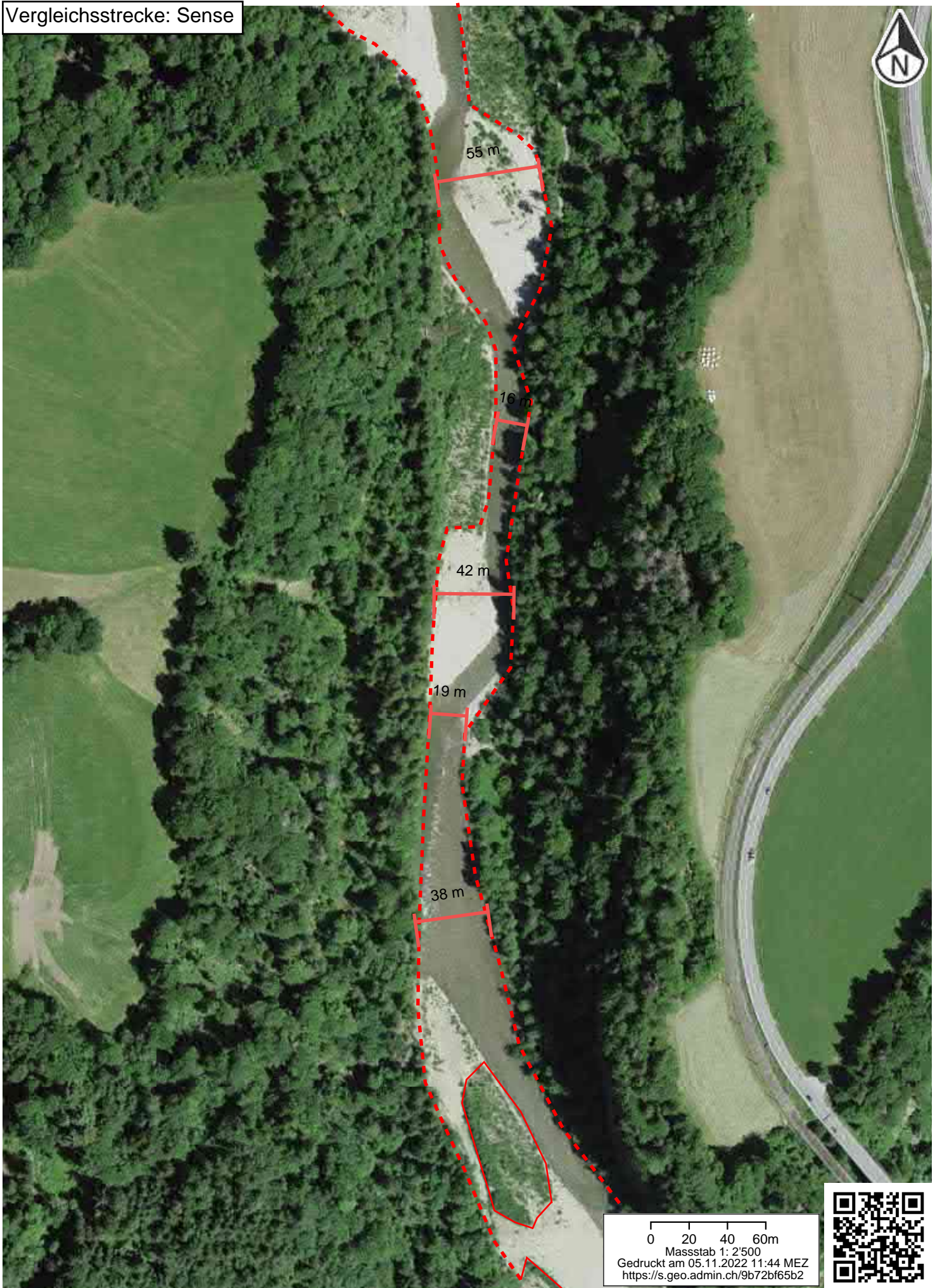


0 20 40 60m  
Massstab 1: 2'500  
Gedruckt am 05.11.2022 12:04  
<https://s.geo.admin.ch/9b72d162d9>









0 20 40 60m  
Massstab 1: 2'500  
Gedruckt am 05.11.2022 11:44 MEZ  
<https://s.geo.admin.ch/9b72bf65b2>



**Anhang C: Berechnungstabelle**

<b>1. Historische Dokumente</b>					
Resultate	Gewichtete minimale Breite [m]	Gewichtete maximale Breite [m]	Gewichtete mittlere Breite [m]	Gewichtung Methode	
Abschnitt 1	40.0	60.0	50.0	<b>50%</b>	
Abschnitt 2	46.0	63.0	55.0		
Abschnitt 3	46.0	63.0	55.0		
Abschnitt 4	46.0	63.0	55.0		
Abschnitt 5	40.0	68.0	54.0		
Mittelwert	44.0	63.0	54.0		

<b>2. Naturnahe Vergleichsstrecken</b>					
Resultate	Gewichtete minimale Breite [m]	Gewichtete maximale Breite [m]	Gewichtete mittlere Breite [m]	Gewichtung Methode	
Abschnitt 1	24.0	49.0	37.0	<b>20%</b>	
Abschnitt 2	24.0	49.0	37.0		
Abschnitt 3	24.0	49.0	37.0		
Abschnitt 4	24.0	49.0	37.0		
Abschnitt 5	24.0	49.0	37.0		
Mittelwert	24.0	49.0	37.0		

<b>3. Terrainanalysen</b>	k.A.	k.A.	k.A.	<b>0%</b>	
---------------------------	------	------	------	-----------	--

<b>4. Empirische Ansätze</b>					
Resultate	Gewichtete minimale Breite [m]	Gewichtete maximale Breite [m]	Gewichtete mittlere Breite [m]	Gewichtung Methode	
Abschnitt 1	35.0	42.0	39.0	<b>30%</b>	
Abschnitt 2	38.0	43.0	41.0		
Abschnitt 3	40.0	46.0	43.0		
Abschnitt 4	40.0	46.0	43.0		
Abschnitt 5	42.0	48.0	45.0		
Mittelwert	39.0	45.0	42.0		

<b>Resultierende Sohlenbreite (gerundet)</b>			
Resultate	Gewichtete minimale Breite [m]	Gewichtete maximale Breite [m]	Gewichtete mittlere Breite [m]
Abschnitt 1	35.0	52.0	44.0
Abschnitt 2	39.0	54.0	47.0
Abschnitt 3	40.0	55.0	48.0
Abschnitt 4	40.0	55.0	48.0
Abschnitt 5	37.0	58.0	48.0