



Rähne zur Murganglenkung, Sta. Maria

Anlegen eines murgangtauglichen Gerinnes

- bauliche Massnahmen zur naturnahen und strukturreichen Gerinneausformung und –gestaltung für eine Geschiebelenkung nach natürlichem Vorbild von Rufenaltläufen
- künstliche Rähne mit bachseitigen inklinanten Bühnen als Erosionsschutz des Lenkdammes
- Uferwahrung zur Strömunglenkung und Geländestabilisierung des Übergangs vom Oberlauf in das neu gebildete Gerinne



Rähne am Böschungsfuss als Erosionsschutz gegen Murgänge

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort: Sta. Maria, Val Müstair (GR), Val Quaunas, Döss da las Levras (2 828 300 / 1 164 900)

Bauherrschaft: Cumün da Val Müstair (CDVM), 7537 Müstair

Projekt- / Oberbauleitung: Tiefbauamt Graubünden – Wasserbau, Ivo Bischofberger

Projektverfasser: Eichenberger Revital SA, 7000 Chur, Rolf Strasser, Dipl. Bauing. FH

Örtliche Bauleitung: Cumün da Val Müstair, 7537 Müstair, Hansjörg Weber, RFI

Rodungsarbeiten: Revier forestal da Val Müstair, 7535 Valchava

Werklieferungen: Fratelli Lanfranchi SA, Cologna, 7742 Poschiavo

Baumeisterarbeit: Fratelli Lanfranchi SA, Cologna, 7742 Poschiavo

Baujahr: 2014 – 2015

Funktion / Anwendungsgrenzen

Eine künstliche Rähne ahmt im Prinzip einen durch natürliche Ablagerung aus Gerinnebett- und Geschiebematerial entstehenden, durchgehenden Uferwall nach, wie dieser typischerweise bei geschiebeführenden Wildbächen in Erscheinung tritt (Levéebildung bei Murgängen). Wenn das Gewässer Geschiebe führt, können Rähnen dann einen gewissen Schutz des Ufers vor Erosion bieten. Künstliche Rähnen werden nach dem natürlichen Vorbild aus einem relativ losen Verbund von (lokalen) Blocksteinen gebildet, welche unregelmässig entlang eines Prallufers durchgehend, z.T. gruppenweise oder gestaffelt gesetzt werden. Die erste Blockreihe wird oft in die Gerinnesohle eingebunden (sog. Fusssteine, rund 0.4 m tief), weitere Reihen werden leicht erhöht dahinter gesetzt, wobei der Blockdurchmesser von der Gerinnesohle weg abnimmt. Die Zwischenräume dieser stützenden Blöcke werden mit Geröll verfüllt und durch das Gewässer wird nach und nach Feinmaterial eingebracht. Nach der Erstellung ist zu Beginn teilweise mit Auskolkungen zu rechnen, diese werden aber durch die Eigendynamik des Gerinnes, also bspw. durch Umlagerungen oder während geschiebeführenden Ereignisse wieder verfüllt. Die Bauweise mit Rähnen ähnelt der Sohlenbefestigung mit Blocksteinen und ist weniger kompakt als ein Blocksatzverbau.

Im vorliegenden Projekt dient die Rähne entlang des Prallufers des neu angelegten murgangfähigen Gerinnes der Aua da Quaunas, bachseitig dem Schutz des talseitigen Dammes vor Erosionsprozessen durch geschiebeführendes Hochwasser oder Murgänge. Zusätzlich wird durch mehrere inklinante Bühnen die Strömunglenkung hin zur Gerinnemitte bezweckt, was wiederum dem Schutz der Rähne dienen soll. Die Aua da Quaunas, welche die Val Quaunas entwässert, wird bereits nach kleineren Regenereignissen und Gewittern murgangführend, was zu einer Gefährdung des Dorfes Sta. Maria, des umliegenden Kulturlandes und der Kantonsstrasse führt. Die vor Erstellung des murgangfähigen Gerinnes z.T. 100-jährigen Verbauungen (Ablenkmauer und –kanal sowie Sohlen-sicherungen) befanden sich trotz jährlich zunehmendem Unterhaltsaufwand in einem bedenklichen Zustand.

Basierend auf einem Variantenstudium wurde das vorliegende Projekt ausgearbeitet. Einer naturnahen und landschaftsverträglichen Ausführung wurde grosse Beachtung geschenkt (strukturreiche Gerinnegestaltung mit künstlich nachgebildeten Murgangsspuren, wie Furchen und Mulden sowie geschwungene und unregelmässige Uferböschungen).

Voraussetzungen Baugrund

Eine Rähne, als Nachahmung eines natürlichen Uferwalls, darf als naturnaher Verbau durch natürliche Prozesse weiter geformt werden. Die Baugrundstabilität bezieht sich dementsprechend eher auf die darunterliegende Uferböschung bzw. die Dammschüttung (allenfalls erhebliche Auflast). Das Schüttungsmaterial einer künstlich erstellten Uferböschung (Dammschüttung) sollte genügend Skelettanteil zur Gewinnung der nötigen Festigkeit enthalten und wenig anfällig auf Wassereintrag reagieren.

Im vorliegenden Projekt besteht der Baugrund im Talboden aus mit Bachschutt überdeckter Moräne (beide Quartär). Das Geschiebematerial aus dem Einzugsgebiet gehört zur S-charl – Decke des Oberostalpin (u.a. Konglomerate, Brekzien, Sand- und Siltstein).

Gesetze / Normen

BWG, 2001. Hochwasserschutz an Fließgewässern. Wegleitung, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG, heute BAFU), Bern, 72 S.

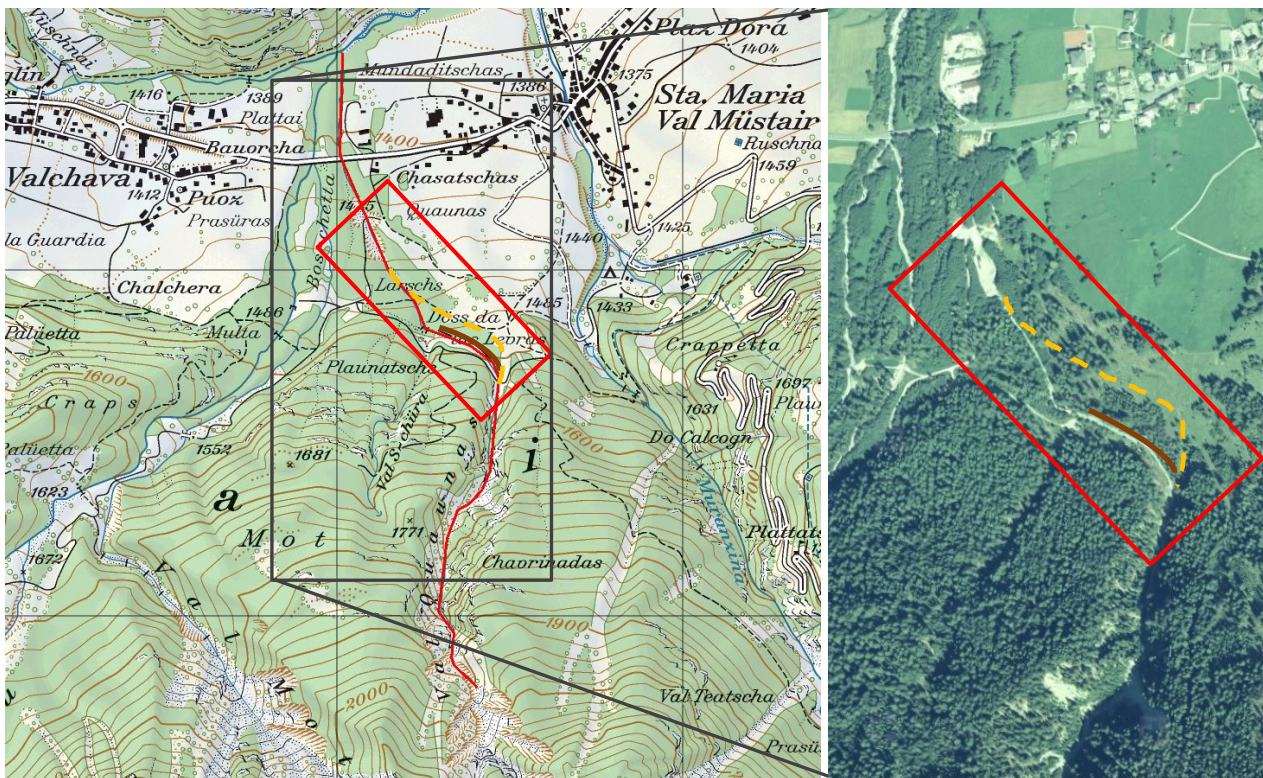
KHOS, 2012. Empfehlungen zum Freibord. Kommission für Hochwasserschutz (KHOS) des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Arbeitsgruppe Freibord, 11 S

Lang H.-J., Huder J., Amman P., Puzrin A., 2011. Bodenmechanik und Grundbau. 9. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 336 S.

SIA 260, SIA 261, SIA 267 und 267/1

Projektierung

Ausgangssituation



Ehemaliger Bachlauf der Aua da Quaunas (rote Linie) mit braun gefärbter, alter Ablenkmauer und gestrichelter, orange eingefärbter, neugestalteten Gerinneführung mit Rähne und Buhnen in dessen Prallufer (Quelle: Bericht Auflageprojekt Val Quaunas, CDVM 2014, verändert)

Die Aua da Quaunas ist ganzjährig wasserführend und weist ein Einzugsgebiet von 0.7 km² auf. Sie bildet mit den benachbarten Aua da Vau und Aua da Mot einen Schwemmkegel in der Talebene. Innerhalb des Transitgebietes besitzt das Gerinne ein steiles Gefälle ($J > 30\%$) bis zur Kote 1510 m ü. M., wo es bis zur Erstellung der neuen Gerinneführung, durch eine Ablenkmauer nach links in ein kanalisiertes Gerinne (Ablenkkanal) geleitet wurde (s. Abb. o.). Nach diesem Übergang reduzierte sich das Gefälle auf 17 bis 11 %.

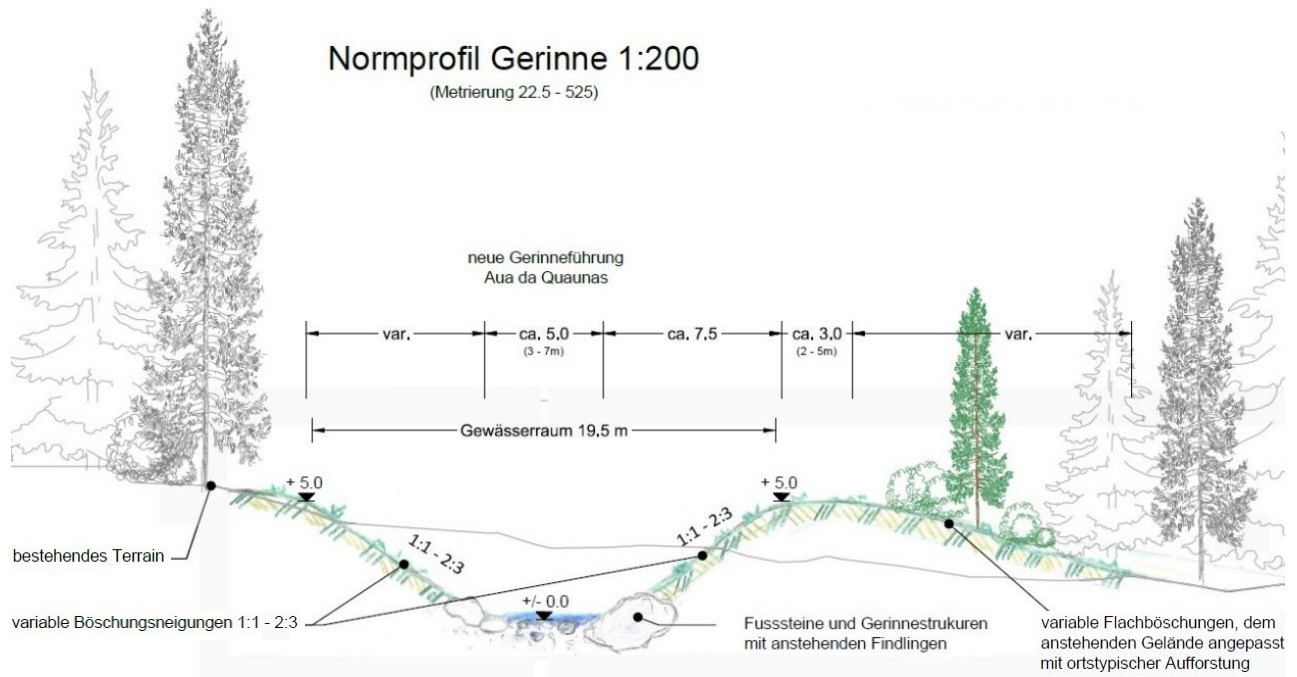
Die Aua da Quaunas schaut auf eine gut hundertjährige Verbauungsgeschichte zurück, wobei zur Sohlenstabilisierung u.a. Bachsperren und Sohlschwelen verbaut wurden. Beim Übergang vom Transit- ins Ablagerungsgebiet wurden die genannte Ablenkmauer und ein 250 m langer Ablenkkanal zur schadlosen Abführung von Murgängen bis zum Schuttfang Larsch erstellt (150 m oberhalb der Kantonstrasse); auch hier wurden sohlenstabilisierende Bauwerke erstellt. Einige der Verbauungen sind zunehmend unterhalts- und



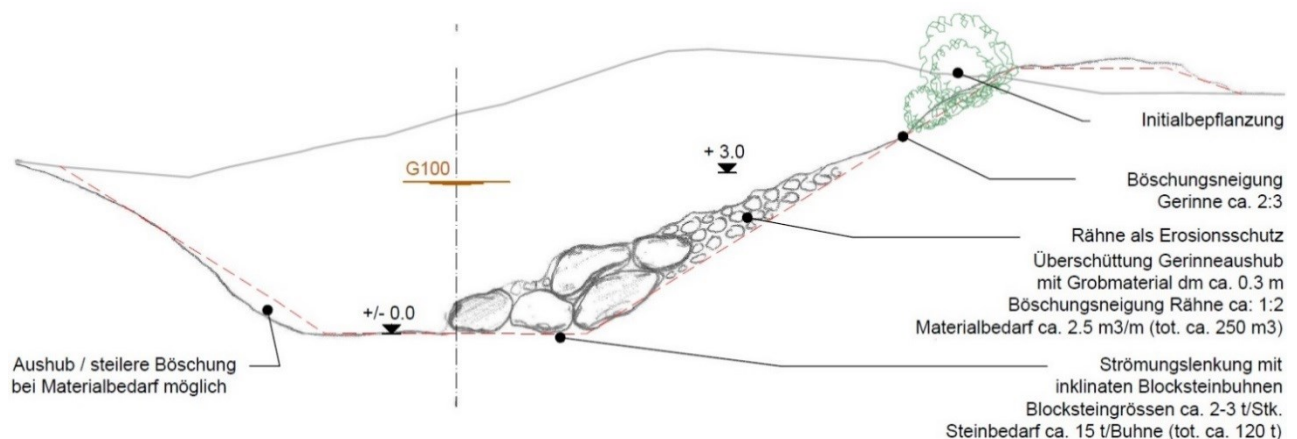
instandstellungsbedürftig. Vor allem der Ablenkanal ist ohne Massnahmen mittelfristig nicht mehr funktionstauglich. Die Sohlenpflasterung ist durch Eintiefungen beschädigt, die Ablenkmauer abschnittsweise unterspült und deren Fundation freigelegt worden.

Mehrere Jahrzehnte lang beschränkten sich die Arbeiten an der Aua da Quaunas auf Massnahmen während Murgangereignissen zur Gefahrenabwehr (lösen von Verklausungen; z.T. risikoreiche Aktionen), Unterhaltsarbeiten und die Geschiebebewirtschaftung im Schuttfang Larsch, wobei jährlich durchschnittlich 2'000 m³ Geschiebe von der Aua da Quaunas anfielen. Dieses liess sich zu 100 % weiterverwenden und wurde grösstenteils zur Aufbereitung von Planiematerial verwendet.

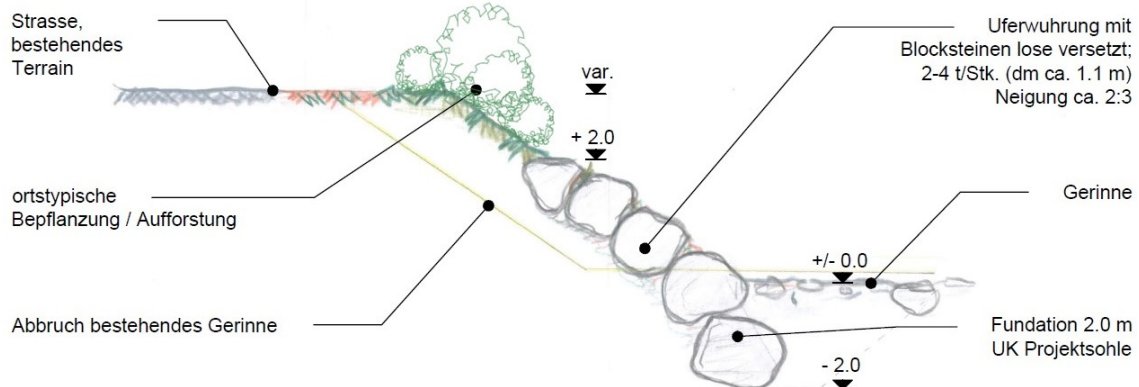
Normalie / Plan



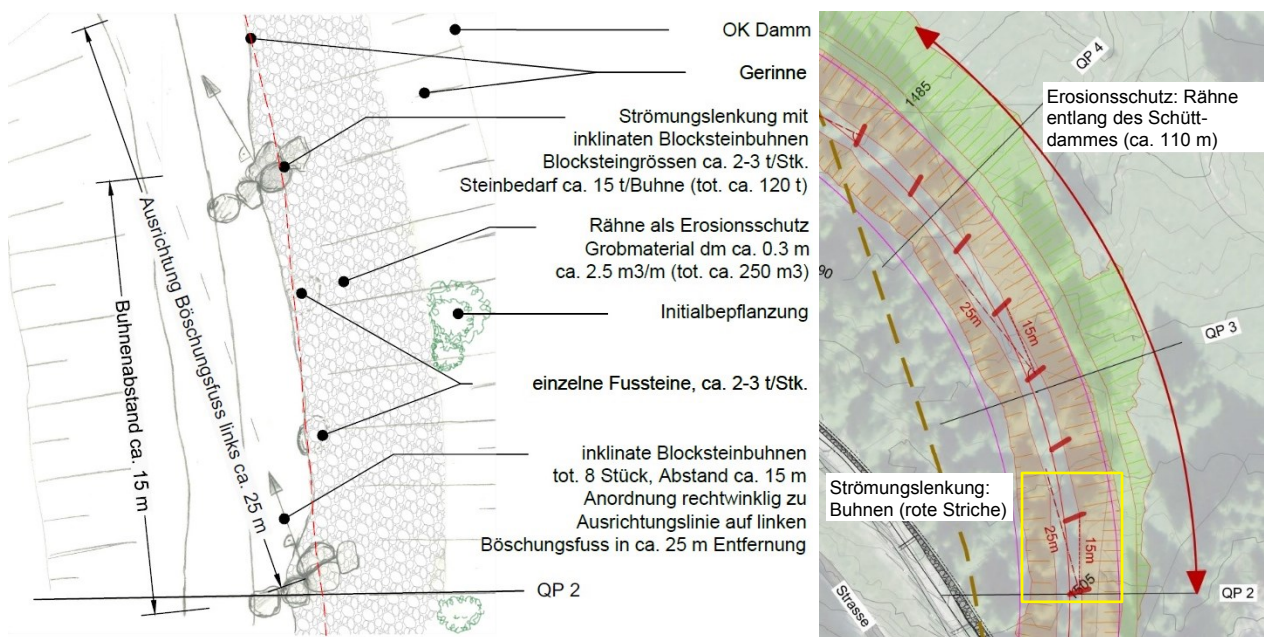
Normprofil der neu erstellten und naturnah gestalteten Gerinneführung; Blick in Fliessrichtung (nicht massstabsgetreu, CDVM 2014, verändert)



Normalie der Rähne und Buhnen als Massnahmen zur Strömunglenkung im Prallufer; Blick in Fliessrichtung (CDVM 2014)



Normalie zur Uferwahrung im Übergangsbereich von der steilen Tobelstrecke (Transit) auf den Schwemmkegel (Ablagerung); Blick in Fließrichtung (CDVM 2014)



Aufsicht zu Erosionsschutz und Strömunglenkung mittels Rähne und Buhnen im Prallufer entlang des Schüttdammes. Links: Ausschnitt mit Details (gelber Rahmen in der Abb. rechts); rechts: Auszug Planskizze zum Erosionsschutz mittels Rähne und Buhnen (CDVM 2014, verändert)

Tragwerksanalyse

Ein murgangfähiges Gerinne ist dem Gelände und dem potentiellen Geschieberegime anzupassen, wobei mindestens gegen ein 100-jährliches Ereignis dimensioniert wird. Letzteres wurde im vorliegenden Projekt durch Gefahrenbeurteilungen im Feld (Hochwasser, Geschiebe und Murgang) unter Einbezug alter Dokumente zu Gefahren und vorhandenen Verbauungen sowie Murgangssimulationen mit FLUMEN (beffa tognacca gmbh) bestimmt, für welche vorgängig digitale Terrinaufnahmen (DTM-AV) durchgeführt wurden. FLUMEN löst die instationären Flachwassergleichungen mittels der FiniteVolumen Methode und verwendet flexible Berechnungsnetze, welche sich der Geländemorphologie optimal anpassen. Bei den Murgangssimulationen wird das Fließ- und Ablagerungsverhalten von Murgängen anhand einer nicht-newtonischen Rheologie nachgebildet.

Die mögliche Gewässerführung wurde anschliessend innerhalb eines Variantenstudiums beurteilt, die Nullvariante beinhaltet dabei die Instandstellung des Ablenkanals. Gegenüber dieser wiesen alle Varianten aufgrund einer neuen Linienführung des Gerinnes bedeutende Verbesserungen auf, wobei neben der Funktionalität weitere Bewertungskriterien eingeflossen sind (ökologische und landschaft-

liche Aspekte, Unterhalt und Beeinflussung von bestehenden Infrastrukturen). Letztlich wurde die hier vorgestellte Variante gewählt.

Prozess und Schadensmechanismen

Bereits bei kleinen Niederschlagsereignissen wird aus dem steilen Einzugsgebiet oberhalb der Waldgrenze leicht erodierbares Material mobilisiert und ins Tal befördert. Auch unterhalb der Waldgrenze erodieren die Bacheinhänge und führen der Aua da Quaanas ständig Geschiebematerial zu. Trotz der eher dünnflüssigen Murgänge werden immer wieder auch grobe Blöcke transportiert, was durch Beobachtungen und Abrasionsspuren an Ablenkmauer und Sohlschwelen belegt werden kann. Dabei führte die Häufigkeit der Geschiebeereignisse zu einer hohen Belastung der Verbauungen. Der massgebende Schadensmechanismus bestand dabei aus der Energieumwandlung jeweils unterhalb des Versatzes der Sohlschwelen, wobei dies zu Kolkprozessen, Tiefenerosion und letztlich zum Aufreissen der Sohlenpflasterung führte. Durch die Sohleneintiefung wurde auch die Fundation der Ablenkmauer freigelegt und deren Bauwerksstabilität gefährdet.

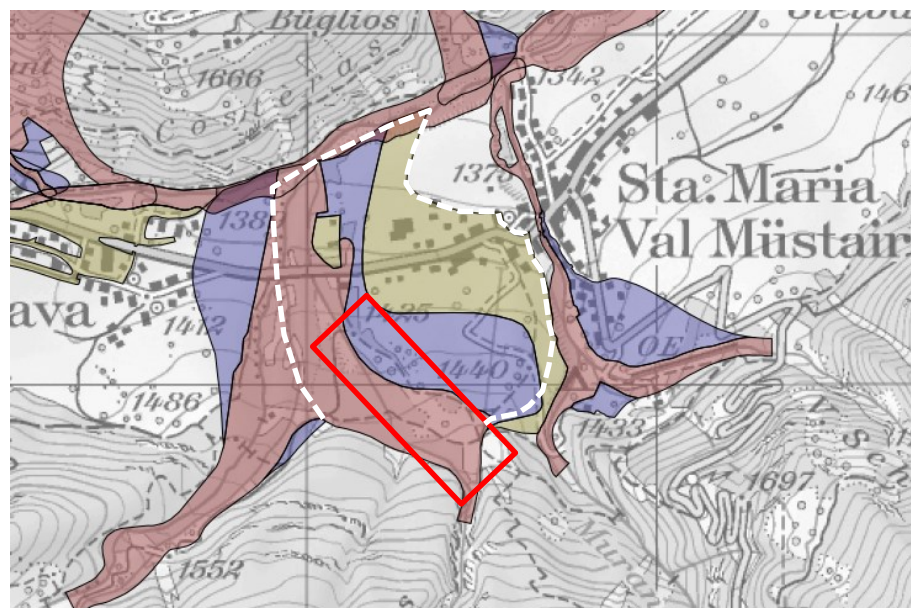
Festgelegte Dimensionierungsgrößen

Nachfolgende Tabelle führt die Hochwasserabflüsse sowie die durch Murgangssimulationen errechneten Murgangabflüsse und Frachten auf (Quelle: CDVM 2014, verändert):

Hochwasserszenarien	Hochwasserabfluss	Gefahrenszenario	Murgangabfluss	Frachten
HQ ₁₀₀	3 m ³ /s	G ₁₀₀	36 m ³ /s ->	5'760 m ³
HQ ₃₀₀	6 m ³ /s	G ₃₀₀	72 m ³ /s ->	14'400 m ³
EHQ	9 m ³ /s	G _{EHQ}	96 m ³ /s ->	19'200 m ³

Schadenpotenzial / Risiko

Die bei der Projektierung berücksichtigte Naturgefahrenkarte ging von der vollständigen Funktion der vorhandenen Gerinneverbauungen aus. Da diese ohne Massnahmen weiter beschädigt und letztlich funktionsunfähig geworden wären, hätten unkontrollierte Prozesse zu einer deutlichen Ausdehnung der Gefahrenzonen und einer stärkeren Intensität innerhalb des Siedlungsgebiets geführt (betroffen wären 20 – 30 Gebäude, u.a. das Schulhaus sowie die Kantonsstrasse auf 450 m Länge).



Auszug aus der Wasser-Gefahrenkarte (www.geo.ar.ch, 01.2013, abgebildet in CDVM 2014, verändert) mit möglicher Gefährdung (Linie weiss gestrichelt) bei Versagen der vor Erstellung des neuen Gerinnes bestehenden Schutzbauten und unkontrollierter Murgangprozesse unterhalb des Projektperimeters (roter Rahmen).



Massgebende Schutzziele (Schutzzielmatrix des BAFU für den Prozess Hochwasser, abgebildet in CDVM 2014, verändert)

Die Schutzziele bezüglich Hochwasserschutz wurden gemäss Wegleitung „Hochwasserschutz an Fließgewässern“ (BWG 2001, heute BAFU) für unterschiedliche Objektkategorien festgelegt, wobei in Absprache mit dem TBA GR (Abteilung Wasser) im vorliegenden Projekt folgende massgebend waren (HQ₁₀₀ / G₁₀₀ bezeichnen dabei ein 100-jährliches Hochwasser- bzw. Gefahrenszenario -> Geschiebe):

- Geschl. Siedlung: HQ₁₀₀, G₁₀₀
- Kantonsstrasse: HQ₁₀₀, G₁₀₀
- Landwirtschaft.: HQ₁₀, G₁₀
- Wald: kein Schutzziel

Hierbei werden unter dem Begriff Hochwasser sämtliche möglichen Primärprozesse wie Erosion, Murgang, Überschwemmung, Übersarung etc. geführt. Entsprechend wird unter Hochwasserschutz an der Aua da Quaunas auch der Schutz vor Murgang verstanden.

Neue, murgangsfähig gestaltete Gerinneführung

Die Aua da Quaunas wird beim Übergang vom Transit- ins Ablagerungsgebiet (Ende Tobelstrecke, unterhalb Furt) vor Eintritt in den alten Ablenkanal, rund 150 m in einem Rüfenaltlauf geleitet. Anschliessend wird sie in einem neuangelegten, naturnahen und murgangsfähigen Gerinne über den Schwemmkegel und rund 40 m oberhalb des Schuttfanges „Larsch“ wieder ins ursprüngliche Gerinne der Aua da Quaunas geführt.

Das neue Gerinne weist eine durchschnittliche Breite von rund 5 m auf und ist auf einer Länge von ca. 530 m zwischen 2 und 5 m tief ins bestehende Terrain eingelassen. Das Sohlgefälle nimmt kontinuierlich von 17 % auf den obersten 200 m Länge auf 14.5 % im mittleren Abschnitt bis auf 13 % oberhalb des Schuttfanges Larsch ab. Die Gerinnesohle muss aufgrund der auftretenden Energien nicht mit einer harten Verbauung geschützt werden. Stattdessen ist sie mit anstehendem Gesteinsmaterial naturnah gestaltet, wobei beim Aushub angefallene Findlinge als Strukturelemente verwendet wurden. Die neuen Böschungen sind mit variablen Neigungen zwischen 1:1 und 1:3 angelegt.

Weiter wurde mit dem Aushubmaterial talseitig im Prallufer, ein naturnaher und landschaftsoptimierter Böschungsdamm mit einer Kronenbreite von 2 – 5 m schichtweise geschüttet und verdichtet (Schichtstärke ca. 50 cm), wobei auf seiner Länge von ca. 110 m das Gerinne eine Profiltiefe von 5 m aufweist. Zum Schutz dieses Schüttdammes wurde bachseitig eine künstliche Rähne angelegt. Diese bildet die natürliche, seitliche Geschiebeablagerung eines Murgangs künstlich nach und soll die Erosionswirkung von Geschiebeprozessen am Schüttdamm vermindern. Die Rähne wird am bachseitigen Böschungsfuss entlang des Schüttdammes als durchgehendes, langgezogenes Bauwerk aus unregelmässig gesetzten Blocksteinen gebildet. Diese werden z.T. in die Gerinnesohle eingebunden (bis 0.4 m Tiefe) und auf der Böschung bis auf eine Höhe von 2 m angelegt, wobei der Blocksteindurchmesser von der Gerinnesohle in Richtung Dammkrone abnimmt. Darüber wird Geröll bis auf eine Höhe von 3 m ebenfalls unregelmässig verteilt eingebracht. Durch die naturnahe Gestaltung der Rähne, mit variierenden Böschungsneigungen (rund um 1:2) und geschwungener Ausformung sowie künstlichen Murgangspuren wie Furchen und Mulden, wurde das neue Gerinne möglichst landschaftsverträglich ins bestehende Gelände eingebettet, was mit der Bestockung der luftseitigen Böschung mit standortgerechten Gehölzen (Vogelbeeren, Traubenkirschen, Berberitze, Holunder, Sand- und Weissdorn) weiter unterstützt wird.

Entlang der Rähne wurden acht inklinante, also gegen die Fließrichtung gerichtete Buhnen aus Blocksteinen erstellt. Diese dienen der Strömungslenkung zur Gerinnemitte hin und sollen während Geschiebeprozessen die Erosionskraft an der Rähne selbst vermindern.



Für die verlustfreie Überführung vom Oberlauf ins neue Gerinne, musste der Ablenkkanal unterhalb der Furt auf 40 m Länge abgebrochen werden. In diesem Übergangsbereich wurde auf 20 m Länge links- und rechtsseitig eine Uferwahrung mit losen Blocksteinen erstellt (Neigung 2:3); die Furt selbst bedurfte keiner Anpassung.

Bezüglich vorhandener landschaftlicher Entwicklungsziele (u.a. durch die Biosfera Val Müstair) soll die Umsetzung mit grösstmöglicher Schonung von (Natur-)Schutzobjekten erfolgen und der Eingriff in die Landschaft möglichst minimiert werden. Auch deshalb wurde das alte Gerinne mit Ausnahme der Bachsperrren (fachgerechte Entsorgung) neben ökologischen (Beeinträchtigung der etablierten Flora) auch aus kulturhistorischen und wirtschaftlichen Gründen (unverhältnismässig teuer) nicht rückgebaut.

Bemessung

Zur Bemessung des neuen Gerinnes, der Böschungen und des Dammkörpers (Aufbau, Querschnitte) dienen die berechneten Energien aus der Naturgefahrenbeurteilung bzw. der Murgangsimulation, wobei die Tragsicherheit, mit den Nachweisen Kippen und Grundbruch sowie die Böschungsstabilität garantiert und die Gebrauchstauglichkeit (hier: Bewältigen der Fliesshöhen und Geschiebemengen) nachgewiesen werden müssen. Dabei können EDV-Programme für Grundbau (z.B. Larix 7 [Cubus]) als Bemessungswerkzeuge Unterstützung bieten.

Die Bemessung der Rähne wird nach der potentiellen Ereignisgrösse ausgerichtet (Schutzziel). Das Baumaterial bzw. die Blocksteingrössen und das Geröll, werden entsprechend der Kornabstufung des natürlich transportierten Geschiebematerials gewählt (optimalerweise wird direkt das vor Ort vorhandene Geschiebe verwendet). Es wird also die potentielle Murgangablagerung entsprechend des herrschenden Geschieberegimes künstlich nachgebildet. Künftige natürliche Gerinneprozesse formen die Rähne weiter und ermöglichen somit eine noch natürlichere Einbettung in das Gerinne und die Landschaft. Neben der Rähne, als durchgehendes, langgezogenes Bauwerk, dienen die versetzten Bühnen zusätzlich dem Schutz des Schüttdammes (Strömungslenkung weg vom Schüttdamm).

Aus den durchgeführten 1D- Geschiebe- (FLUSH, beffa tognacca gmbh) und 2D- Murgangsimulationen (FLUMEN) ergaben sich folgende, wichtige Erkenntnisse zum neu erstellten Gerinne: Dieses weist gegenüber der früheren Situation sowohl geschiebetechnisch als auch aus Sicht der Murgangdynamik erhebliche Verbesserungen auf. Unterhalb der Furt ermöglicht ein steileres Längsgefälle eine Reduktion der Ablagerungsmächtigkeiten und das grosse Speichervermögen des neuen Gerinnes führt selbst bei dickflüssigen Murgängen zu keiner vollständigen Verfüllung. Auch bei grossen abgelagerten Kubaturen bleibt eine genügende Kapazität erhalten und selbst bei einem EHQ sind gemäss Modellierung keine Ausuferungen zu erwarten (Bedingung: Freihalten des Gerinnes von Gehölzen und keine Verklauung durch Schwemmholz). Durch kleinere, geschiebearme Hochwasserereignisse kann vorgängig bereits abgelagertes Geschiebe zumindest teilweise bis zum Schuttfang Larsch weiterverfrachtet und dort weiterhin entnommen werden.

Ø Kosten pro Einheit

Die Gesamtkosten wurden für die rund 530 lfm auf etwa Fr. 880'000.- bzw. ca. Fr. 1'660.-/lfm veranschlagt (inkl. Projektierung, Submission, Fachbauleitung und MwSt.), wobei dies im Anbetracht des Schutzziels (Siedlung und Infrastruktur) ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis bedeutet. Die Schlussabrechnung betrug sogar nur Fr. 654'000.- bzw. Fr. 1'234.-/lfm. Weiter fallen künftig, v.a. im Vergleich mit der Nullvariante (Instandstellung bestehender Ablenkkanal), kaum noch Unterhaltskosten an.

Erste Erfahrungen

Mehrere Murgangereignisse in den Jahren 2015 und 2016 haben die Resultate der Simulationen bestätigt: Keine Materialablagerungen im neu geschaffenen Gerinne, auch keine Tiefenerosion der neuen Bachsohle; die Rähne hat sich durch die Ereignisse verfestigt.

Tun und Vermeiden

Variantenstudium durchführen, wobei u.a. auch raumplanerische Massnahmen untersucht werden müssen (Um- und Auszonungen und Sicherung von Freihalteräume).

Allenfalls nötige Bewilligungen einholen (Gewässerschutz, Rodungs-, fischereirechtliche Bewilligungen).

Abklärung zu möglichen Schutzgebieten; bei Bedarf Nachweise erbringen und Bewilligungen einholen:

- Gewässerschutzgebiet nach Gewässerschutzgesetz (GSchG; hier nicht von Belang)
- (Potentielles) Fischgewässer nach Bundesgesetz für Fischerei (BFG; hier nicht von Belang)
- Schutzwürdige Lebensräume nach Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG): Auch im vorliegenden Projekt mussten die Standortsgebundenheit (gegeben) und höheres öffentliches Interesse (Schutzziele Naturgefahren) nachgewiesen werden. Es waren entsprechend des NHG Wiederherstellungs- oder Ersatzmassnahmen durchzuführen (entweder auf derselben Fläche oder an einem gleichwertigen Standort, wobei mind. die gleiche ökologische Qualität (Wertigkeit) in absehbarer Frist zu erreichen ist). Im vorliegenden Projekt bildet das neue, naturnahe



Gerinne auf dem natürlich entstandenen Schuttkegel der Aua da Quaunas wiederum einen wertvollen Lebensraum (Fläche in derselben Grössenordnung kompensiert).

Bei Reduzierung des Gefälles in Wildbachgerinnen muss mit Ablagerungen gerechnet werden, welche zu Verlandung und somit zu einer reduzierten Funktion führen können (Achtung Übersarung!). Dann muss unbedingt die Räumung des anfallenden Geschiebematerials angedacht werden.

Die Foundation der Uferwahrung aus Blocksteinen sollte 2 m unterhalb der projektierten Gerinnesohle vorgesehen werden (Schutz vor Unterspülung und Gewährleistung der Standsicherheit).

Eine naturnahe Gestaltung des Gerinnes bringt eine wertvolle Lebensraumförderung mit sich.

Die luftseitigen Böschungen mit standortsheimischen Gehölzen bestocken oder roh belassen und der natürlichen Sukzession überlassen (Einstellen von Lärchenverjüngung, ähnlich wie nach einem Murgangereignis). Das Gerinne und die bachseitigen Böschungen sollen von Gehölzen freigehalten werden.

Allenfalls ist ein jahreszeitlich limitiertes Zeitfenster für die bauliche Umsetzung vorhanden. Im vorliegenden Projekt mussten die Arbeiten zwischen der Schneeschmelze bis in den Frühsommer und nach Ende der grossen Sommergewitter und dem Wintereinzug ausgeführt werden (u.a. wegen der Arbeitssicherheit und der Ausführungsqualität).

Bei Werktypen mit grossem Platzbedarf muss seitens Werkeigentümerschaft allenfalls Land erworben werden, die entsprechenden Eigentumsverhältnisse sind abzuklären. (Im vorliegenden Projekt waren rund 16'000 m² geschlossener Wald und Gewässerraum im öffentlichen Besitz betroffen).

Abklärung bezüglich möglicherweise vorhandenen Werkleitungen; allenfalls Schutz oder Verlegung planen.

Materialien

Namen

Rähne: Lokale Blocksteine und Geröll; Grobmaterial \varnothing 30 cm, ca. 2.5 m³/lfm, entlang des Schüttdammes also insgesamt rund 250 m³

Buhnen: 5 - 7 ca. 1 m³ grosse Blocksteine pro Buhne (ca. 15 t/Buhne), total 40 - 60 Blocksteine für die acht Buhnen (rund 120 t)

Uferwahrung, lose: 4 - 5 Blocksteine/lfm mit je 2-4 t/St, \varnothing ca. 1.1 m, total 80 - 100 Blocksteine für die 20 m lange Uferwahrung (rund 270 t)

Schüttdamm (talseitige Böschung im Prallufer): Lokales Aushub- und Geschiebematerial

Gestaltungselemente: Findlinge aus dem Gerinne-/Geschiebematerial

NPK Kapitel / Position

Aushubarbeiten

NPK 213.34X.XXX

Schüttungen und Hinterfüllungen

NPK 213.36X.XXX

Steine und Geröll einbringen als Uferschutz

NPK 213.542.XXX

Blockverbauungen erstellen als Uferschutz

NPK 213.543.XXX

Buhnen aus Natursteinen erstellen als Uferschutz

NPK 213.546.XXX

Pflanzarbeiten

NPK 213.73X.XXX

Mindestanforderungen

Wasserbausteine nach SN 670 105-1 (witterungs- und abriebbeständig, frostsicher und bruchfest etc.)

Verarbeitung Tipp

-

\varnothing Menge pro Einheit

Projektabhängig, für vorliegendes Projekt s.o. bei Materialien

Mittel

Maschinen

Schwerer Fahrbagger (Aushub, Transport und Einbau der Blocksteine; Grösse entsprechend der Last), Dumper zum Aushubtransport, Walzenzug zur Verdichtung

Geräte

Holzereiausrüstung

Installation

Im vorliegenden Projekt musste eine temporäre Zufahrt (Baupiste) erstellt werden. Innerhalb des Verbauungsgebietes konnte durch die lokale Nutzung von Aushub- und Geschiebematerial dieses z.T. direkt verbaut bzw. über die Gerinnesohle zu den Dammschüttungsarten transportiert werden.



Nach Bauabschluss wurde die Baupiste zurückgebaut (ursprüngliche Geländeformen) und die vorhandenen (Wald-) Erschliessungen instand gestellt.

Ausführung

Absteckung Entsprechend einer möglichst naturnahen Nachahmung von Uferwällen murgangführender Gewässer soll das neue Gerinne möglichst dem natürlichen Bachverlauf bzw. allenfalls noch vorhandenen Rufen-altläufen folgen. Durch ein digitales Geländemodell oder einer Querprofilierung vor Ort können Auf- und Abtrag berechnet werden.

Erdarbeiten

- Bachsohle eintiefen und Böschungen aufschütten
- Talseitige Dammschüttung im Prallufer
- Foundation für die Uferwahrung
- Blocksteine versetzen und Geröll ausbringen (Rähne, Bühnen, Uferwahrung, Gestaltungselemente Gerinne)

Arbeitsschritte Zeitlich muss die Neuanlage des Gerinnes vor der Umlegung des Gewässers erfolgen (hier Herbst 2014). Danach kann ein allfälliger Rückbau bestehender Werke im alten Gerinne durchgeführt werden (hier Frühjahr 2015) und die Fertigstellung noch offener Arbeiten erfolgen (hier Sommer 2015).

- (1) Vorbereitende Massnahmen: Rodung und Detailabsteckung im Gelände
- (2) Ausformung des neu anzulegenden Gerinnes (laufende Abhumusierung mit Deponie im Bereich der neuen Böschungsfüsse, Stockrodung, Bachsohle eintiefen, Böschungen schütten, laufender Einbau der (Lärchen-)Stöcke und allenfalls vorhandener Sträucher, Blocksteine und Lesesteinhaufen in äussere Dammböschung erstellen, Humusierungen)
- (3) Aufschütten des Erddammes im Prallufer und verdichten in Schichten
- (4) Erstellung Rähne und Einbindung Bühnen durch Setzen von passenden Blocksteinen
- (5) Uferwahrung erstellen (Foundation, Blocksteine setzen und einbinden/betonieren)
- (6) Naturnahe Gerinnegestaltung (Murgangspuren nachahmen und Findlinge setzen etc.)
- (7) Rückbauten, Instandstellungen, Begrünungen und Bepflanzungen

Tun und Vermeiden Die Endgestaltung der äusseren Dammböschungen im Zuge der Dammschüttungsarbeiten realisieren. Dadurch wird eine gute Festigkeit bzw. Stabilität erreicht.

Durch das Befahren mit einem schweren Fahrbagger (hier: Raupenbagger) kann eine gute Verdichtung erreicht werden, der Einsatz sollte jedoch nur bei trockenem Wetter stattfinden.

Zu Beginn eine Referenzstrecke für die Gerinne- und Böschungsgestaltung erstellen, diese von der Bauleitung abnehmen lassen und danach für die weitere Gerinnegestaltung als Vorlage verwenden.

Bei der Uferwahrung ist eine hohe Packungsdichte zu erreichen und eine genügende Einbindung in die Gerinnesohle zu beachten (bis 2 m Tiefe).

Abschlussarbeiten Die luftseitige Böschung wird mit standortgerechten Gehölzen bepflanzt.

Sicherheit Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- immer
- **9 lebenswichtige Regeln** für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820)
 - **Notfallplanung** (SUVA Publikation 67061)
 - **Arbeitsvorbereitung (AVOR)** (SUVA Publikation 67124)
- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154) | <input type="checkbox"/> Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574) | <input checked="" type="checkbox"/> Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148) |
| <input type="checkbox"/> Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092) | <input type="checkbox"/> Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| <input type="checkbox"/> Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input checked="" type="checkbox"/> Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |
| <input type="checkbox"/> 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819) | <input checked="" type="checkbox"/> Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153) |



Werterhalt

- laufend Sichtkontrollen nach grossen Niederschlagsereignissen; bei Bedarf beim Schuttfang Larsch Geschiebematerial abführen. Darauf achten, dass die Projekthöhe des Geschiebefangs unter keinen Umständen unterschritten wird (Tiefenerosion).
- periodisch Das Gerinne und die bachseitigen Böschungen sind von Nadelbäumen freizuhalten.
Es sind alle notwendigen Massnahmen zur Erhaltung von Gerinne und Uferböschungen durchzuführen. Da erwartet wird, dass auftretende Verlandungen sukzessive zum Schuttfang Larsch weiterverfrachtet werden, reduzieren sich die Massnahmen auf das Freihalten der bachseitigen Böschungen von Nadelholz und das Entfernen von allfälligem Schwemmholz (Verklausungsgefahr vermindern).

Rückbau

Grundsätzlich ist kein Rückbau vorgesehen. Das naturnah erstellte Gerinne inkl. Rähne und Bühnen gilt als neue Geländeform, wobei durch die naturnahe Gestaltung der bachseitigen und die Wiederbestockung der luftseitigen Böschungen eine bestmögliche Eingliederung in die Landschaft erreicht werden soll.

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauobjektes. Sie soll Planern und Ausführenden Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, zum Nachdenken über die eigenen Vorgehensweisen anregen und Anhaltspunkte zur ähnlichen Realisierung geben. Obwohl alle Sorgfalt bei der Erarbeitung der Dokumentation verwendet wurde, können Fehler enthalten sein und kann für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten weder eine explizite noch implizite Zusicherung und Gewährleistung abgegeben werden. Für die inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Auswahl lehnt die Fachstelle für forstliche Bautechnik jede Haftung ab. Bei Verwendung von Informationen zu eigenen Zwecken sind die übergeordneten Normen einzuhalten und sind die Angaben situativ an die eigenen Gegebenheiten anzupassen. Die Nutzung der Daten erfolgt somit auf eigene Gefahr. Insbesondere ist die Fachstelle für forstliche Bautechnik nicht verantwortlich, wenn der Nutzer im Vertrauen auf die Fehlerfreiheit und Vollständigkeit der Inhalte Handlungen vornimmt oder unterlässt und ihm im Folgenden daraus ein Schaden erwächst.



Bilder (aus Auflageprojekt Val Quaunas [2014/15, Bericht und Pläne] entnommen von Eichenberger Revital SA)



Abbildung 1: Flächige Sohleneintiefung innerhalb des Ablenkanals unterhalb einer Sohlschwelle



Abbildung 2: Abrasionsspuren an den Sohlswellen, darunter liegend die aufgerissene Sohlenpflasterung



Abbildung 3: Spuren von Murgangereignissen im Ablenkanal und an der talseitigen Ablenkmauer



Abbildung 4: Bestehender Rufenaltlauf auf dem Schuttkegel der Aua da Quaunas mit Blick in Richtung Sta. Maria



Abbildung 5: Die bestehenden Rufenaltläufe dienen als Vorgabe für die naturnahe Gerinnegestaltung



Abbildung 6: Entlang der unteren Böschungskante des Schüttdammes wurde die Rähne erstellt (rot umrahmt)



Abbildung 7: Blick in Fließrichtung auf das fertiggestellte Gerinne mit Erosionsschutz (Rähne mit Buhnen; rot umrahmt)



Abbildung 8: Blick in Fließrichtung auf das alte Gerinne, welches von links im Bild talwärts zum Schuttfang Larsch führt



Abbildung 9: Luftseitige, bachabgewandte Böschung mit natürlicher Böschungsgestaltung zur Landschaftseingliederung



Abbildung 10: Die naturnahe, strukturreiche Gerinnegestaltung bietet einen möglichst natur- und landschaftsverträglichen Bau



Abbildung 11: Blick vom Schuttfang Larsch bergwärts entgegen der Fließrichtung der Aua da Quaunas

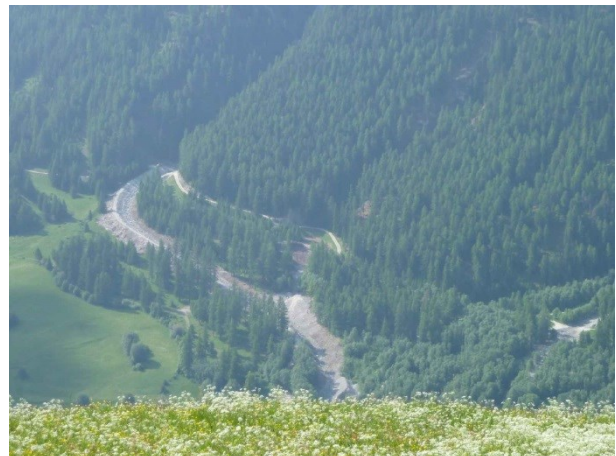


Abbildung 12: Blick vom Gegenhang aus auf die neue Gerinneführung der Aua da Quaunas