



## Erddamm mit Blocksteinfront, Arth

### Schutzdämme gegen Murgangprozesse

- Starres Schutzsystem als Leit- und/oder Auffangdamm
- Schutz durch Lenkung von Murgangprozessen und Schaffung eines Akkumulationsraumes für potentielles Geschiebmaterial (Rückhaltebecken)
- Geschiebemanagement



Unterer Murgangdamm Grisselenbach, Sicht ins Prozessgebiet

### Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort: Arth (SZ), Grisselenbach (2 685 350 / 1 212 750)

Bauherrschaft: Strassengenossenschaft Häni-Spitzibüöl

Bauleitung: Kantonsforstamt Kanton Schwyz (ehemals; heute: Amt für Wald und Naturgefahren)

Projektausarbeitung: Annen Forstingenieurbüro, 6423 Seewen-Schwyz, André Annen, Dipl. Forsting. ETH/SIA

Ausführung: Contratto AG, 6410 Goldau

Baujahr: 2007/8; Wiederherstellung und Schutzmassnahmen nach Unwetter August 2005

### Funktion / Anwendungsgrenzen

Schutzdämme gegen Murgangprozesse lassen sich in der Theorie in Leit- und Auffangdämme unterteilen, wirken in der Praxis z.T. aber kombiniert. Leit- bzw. Ablenkdämme lenken Murgänge ab, um sie in ein Gebiet ohne oder mit nur geringem Schadenpotential zu führen. Auffangdämme halten Murgänge zurück (Akkumulationsraum für das ganze Gemenge Erdmaterial, Felsblöcke, Steine, Holz und Wasser). Beide verhindern dadurch (grössere) Schäden an Infrastrukturen und tiefer gelegenen Siedlungsgebieten.

Solche Schutzdämme werden grundsätzlich als Schwergewichtsbauwerke (mit Terrainveränderungen) konzipiert und können, wie im vorliegenden Projekt, direkt aus geeignetem, vorhandenem Geschiebmaterial erstellt werden (eine Blocksteinfront als Erosionsschutz, feineres Geschiebmaterial als Hinterfüllung). Sie müssen gegen die zu erwartenden Energien dimensioniert werden, d.h. in der Regel gegen 100-jährliche Ereignisse. Meist sind relativ grosse Eingriffe in das Gelände nötig, denn die Erstellung braucht viel Platz. Sie sind aber einfach in der Bauweise, durch die Verwendung lokaler Materialien relativ günstig und bei entsprechender Bemessung auch gegen hohe Energien bzw. gegen grosse Geschiebemengen wirksam.

Die sorgfältige Analyse des Prozessgeländes und das daraus abgeleitete Ausnutzen der natürlichen Topographie mit allenfalls vorhandenen (grossräumigen) Geländeabflachungen haben einen positiven Einfluss auf die Wirkung der Verbauung. Veränderte Geländeneigungen und/oder erhöhte Rauigkeit vernichten an sich schon viel (Bewegungs-)Energie. Geschickt platzierte Schutzbauten können dadurch effizienter erstellt werden. Andererseits können unter Beachtung der gesamten Umgebung auch neue Lebensräume geschaffen oder die Einbindung ins Landschaftsbild optimiert werden.

Durch die vielen Möglichkeiten einer naturverträglichen und dem Landschaftsbild zuträglichen Gestaltung werden Schutzdämme meist nicht auf eine minimale Sicherheit bemessen, sondern weisen grosszügige Sicherheitsmargen auf (lange, flache Böschungen). Wo genügend Platz fehlt, sind Dämme jedoch meist schwierig zu realisieren und werden durch Leitmauern ersetzt.

### Voraussetzungen Baugrund

Keine besonderen Voraussetzungen beim Baugrund für die Erstellung von Schutzdämmen; jedoch gibt es Einschränkungen auf rutschungsanfälligem oder vernässtem Grund. Das Schüttungsmaterial sollte genügend Skelettanteil zur Gewinnung der nötigen Festigkeit enthalten.

Im vorliegenden Projekt besteht das Bodenmaterial vorwiegend aus der Sturzmasse des Goldauer Bergsturzes von 1806. Diese bestand

in einer ursprünglichen Schichtung aus regelmässigen Abfolgen von harten und witterungsresistenten Nagelfluh- und dazwischen gelagerten verwitterungsanfälligen Sandstein- und Mergelschichten und wird zur Unteren Süsswassermolasse gezählt.

## Gesetze / Normen

Im vorliegenden Projekt wurde auf vorhandenes Erfahrungswissen zurückgegriffen; nachfolgend mögliche Literatur zur Konsultation:

Bergmeister K., Suda J., Hübl J., Rudolf-Miklau F., 2009. Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Grundlagen, Entwurf und Bemessung, Beispiele. Ernst W. und Sohn Verlag, Berlin. 211 S.

Böll A., 1997. Wildbach- und Hangverbau. Bericht Eidgenössische Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, 123 S. (siehe Downloadbereich [www.fobatec.ch](http://www.fobatec.ch))

GHO, 1996. Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen. Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie (Groupe de travail pour l'hydrologie operationnelle [GHO]), Mitteilung Nr. 4, 46 S + Anhang.

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

PLANAT-Publikation Murgang (Romang H. und Bründl M., 2009. Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden, Teil B: Anwendung des Risikokzeptes: Prozess Murgang. Nationale Plattform Naturgefahren [PLANAT], 36 S.)

SLF, 2010. Rapid Mass Movement Simulation (RAMMS). Two-dimensional dynamics modeling of rapid mass movements in 3D alpine terrain; A valuable tool for research and practice. WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos (SLF). <http://ramms.slf.ch/ramms/>

Witt K. J. (Hrsg.), 2008. Grundbau-Taschenbuch – Teil 1 - 3. 7. Auflage, 1. Nachdruck 2010. Ernst und Sohn Verlag, Berlin. 814 S, 939 S und 918 S.

## Projektierung

Normalie / Plan

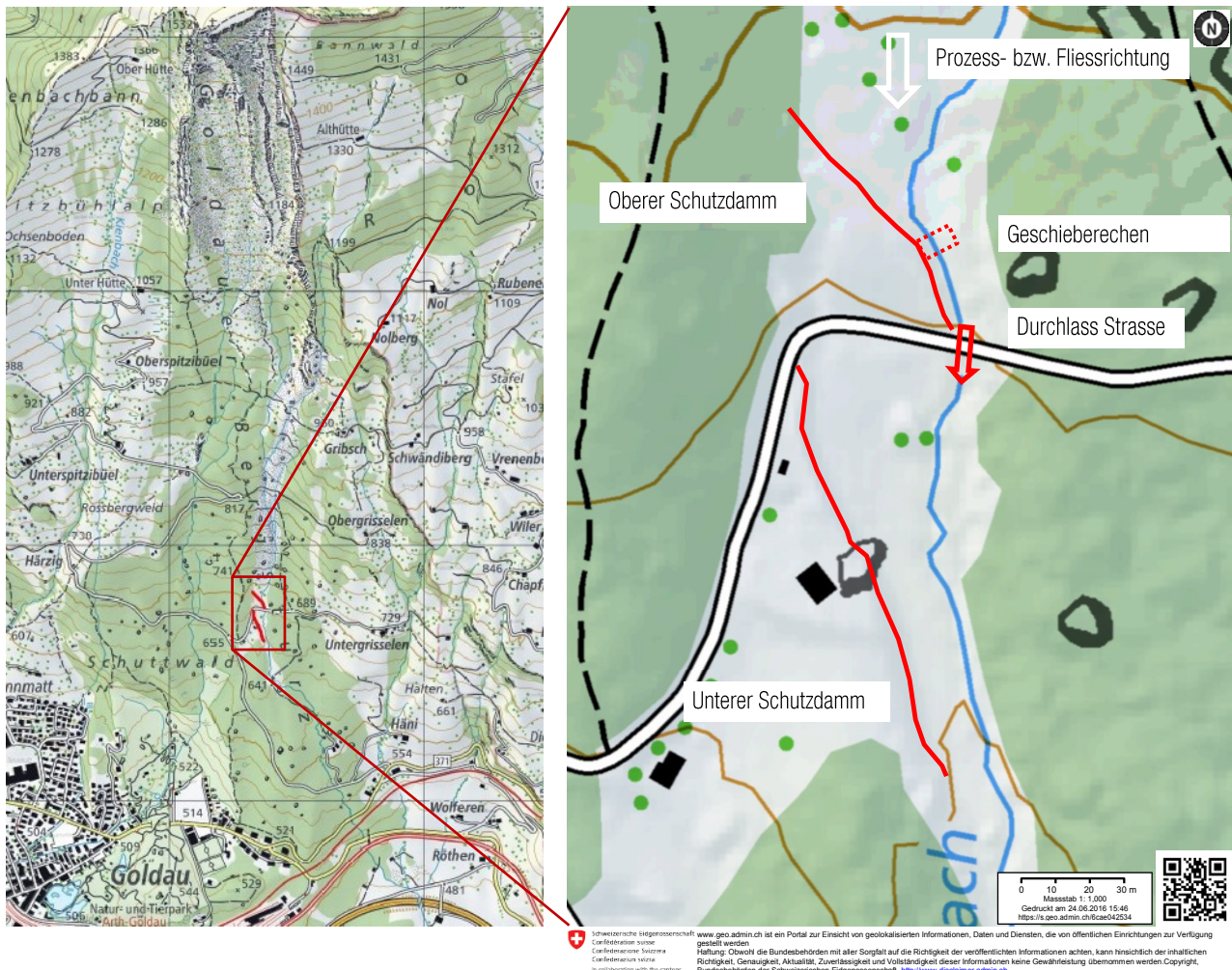


Abbildung: Situationsübersicht Schutzdämme Grisselenbach (Quelle: map.geo.admin.ch, 2016, verändert, nicht massstabsgetreu)

**Profil D** Geländeneigung zu C: 11%

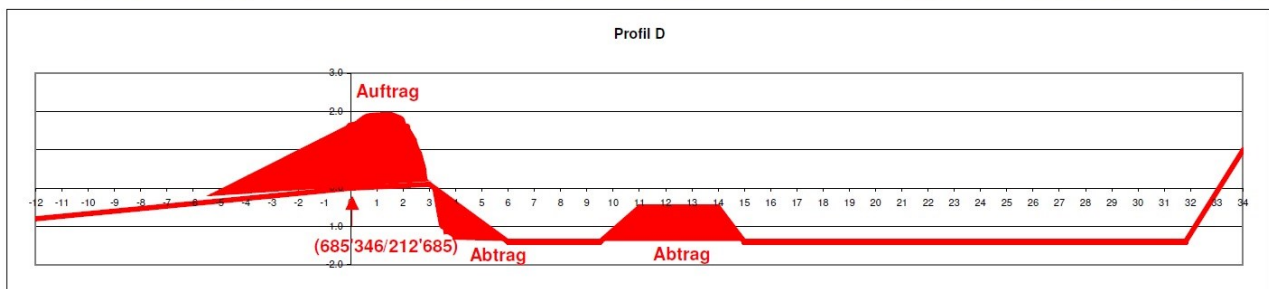
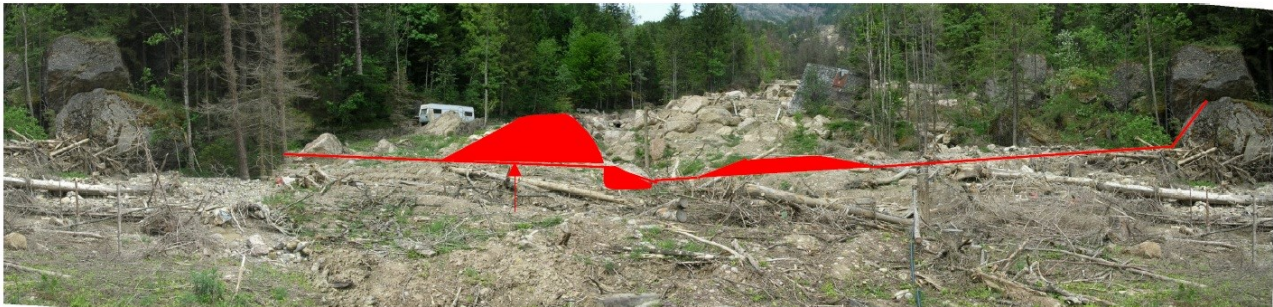


Abbildung: Beispiel Querprofilierung im Gelände zur Bemessung des Massenausgleichs (Ab- und Auftrag) (Quelle: Annen Forstingenieurbüro 2007)

**Tragwerksanalyse**

Die Verbauung ist dem Gelände und dem potentiellen Geschieberegime anzupassen, wobei ein Vergleich der zu erwartenden Feststofffrachten (Abschätzung aus der Naturgefahrenbeurteilung) mit dem möglichen Rückhaltevolumen sowie der Rechenstärke gemacht werden sollte (entspricht der Gebrauchstauglichkeit). Meist wird mindestens gegen ein 100 jährliches Ereignis dimensioniert (geomorphologische Beurteilung im Feld oder Abschätzungsformeln, siehe bspw. Gesetze / Normen). Im vorliegenden Projekt hat sich im Entstehungsgebiet eine Felsrutschung mit rund 200'000 m<sup>3</sup> Material gelöst. Daraus ist in Folge hoher Niederschläge Geschiebe in Form eines Murgangs Richtung Tal geflossen und hat zu Übersarung im Siedlungsgebiet geführt. Aus dem im Transitgebiet verbliebenen Geschiebematerial wären bei einem neuerlichen grossen Niederschlagsereignis (5 – 10-jährliches Ereignis) potentiell 1'000 – 1'500 m<sup>3</sup> mobilisierbar, woraus sich ein Schutzdefizit im Tal ergibt. Jedoch sind schon bei kleineren Niederschlagsereignissen Murgänge zu erwarten, welche bis in besiedeltes Gebiet gelangen könnten. Mit dem Ausbau zweier als Sofortmassnahme erstellter, gestaffelter Schutzdämme soll das potentiell mobilisierbare Geschiebe umgelenkt werden.

Im vorliegenden Projekt wurden die Schutzdammkörper bewusst (über)gross ausgebildet, weshalb keine genaue Bemessung durchgeführt wurde (Tragsicherheit). Die Länge des oberen Schutzdammes beträgt ca. 80 m, die des unteren rund 120 m, wobei die Breite der Dammsohle zwischen 8 und 10 m variiert. Die Dammkrone ist zwischen 2 und 4 m hoch und rund 2 m breit, danach flacht sie bachabgewandt ab. Der Anzug wasserseits beträgt 2:1 (Blocksteinmauer), der Anzug auf der wasserabgewandten Seite zwischen 1:4 und 1:2. Bei schwierigeren Verhältnissen (bspw. zunehmende Steilheit, wenig Platz) müssen statische Nachweise durchgeführt werden (Kippen, Gleiten und Grundbruch sowie die Böschungsstabilität). Die Positionierung sollte möglichst das Gelände ausnutzen und Murgänge ablenken und/oder aufhalten (s.o. Funktion). Dabei muss beachtet werden, dass der Murgang in sicheres Gelände ohne Schadpotential abgelenkt wird und allfällig vorhandene präferenzuelle Fließwege bedacht werden. Gerade Strassen sollten deshalb möglichst nicht im Einflussbereich eines Murgangs liegen bzw. müssen entsprechend geschützt werden (Ablenkung).

**Bemessung**

Zur Bemessung eines Dammkörpers (Aufbau, Querschnitte) dienen berechnete bzw. gutachterliche Energien aus einer Naturgefahrenbeurteilung, wobei die Tragsicherheit, mit den Nachweisen Kippen, Gleiten und Grundbruch sowie Böschungsstabilität und die Gebrauchstauglichkeit (hier: Bewältigen der Fließhöhen und Geschiebemengen) erbracht werden müssen. Dabei können EDV-Programme für Grundbau (z.B. Larix 7 [Cubus]) oder Abflussmodellierungen als Bemessungswerkzeuge Unterstützung bieten. Letztere nutzen digitale Geländemodelle, um bspw. das kumulierte Abflussvolumen eines Einzugsgebietes oder die Fließdynamik zu berechnen (u.a. bspw. RAMMS [SLF 2010]).

Bei grosszügigen Platzverhältnissen kann ein Schutzdamm gezielt überdimensioniert werden (falls die



herrschenden Bedingungen dies zulassen). Die grosszügigere Bauweise eröffnet neben einer höheren Sicherheitsmarge auch eine meist landschaftsverträglichere Einbettung. So auch im vorliegenden Fall. Bei entsprechenden Bedingungen wie im vorliegenden Projekt (genügend Platzverhältnisse, vorhandenes Geschiebmaterial), können Aufräumarbeiten und das Erstellen einer Schutzbaute kombiniert werden: Das vorhandene Geschiebmaterial wird zu einem Damm umgeformt. Der Abtransport und das externe Deponieren des Materials werden somit hinfällig.

Allfällige Geschieberechen müssen auf die Beschaffenheit des nachgelagerten Gerinnebettes bemessen werden. Engstellen wie Lichtraumprofile von Brücken oder Durchlässen und die abnehmende Geschiebetransportkapazität sind wichtige Punkte. Ein Abstand zwischen den Profilen des Rechens von max.  $\frac{1}{3}$  des Durchmessers des anschliessenden Querschnittes verhindert Verklausungen.

Ø Kosten pro Einheit

Projektabhängig; Durchschnittswert aus vorliegendem Projekt ca. Fr. 50.-/m<sup>3</sup> Schutzdammvolumen

Tun und Vermeiden

Betroffene Dritte und speziell Grundeigentümer möglichst früh miteinbeziehen (Lösungssuche, Akzeptanz).

Natürliche Geländeform miteinbeziehen (Mulden und Verflachungen nutzen).

Um- und Überfließen unbedingt vermeiden (entsprechende Positionierung und Dimensionierung).

Bei Rückhaltedambbauten mit kleiner Tragsicherheitsmarge und leicht durchlässigem Dammschüttungsmaterial eine Abdichtung mittels Bentonitmatten prüfen (Aufweichung und Durchströmung verhindern).

Falls möglich und sinnvoll, vorhandenes (oder zumindest lokales) Geschiebmaterial verwenden (Kostensparnis bei Materialbeschaffung, Transport, Geschiebmaterialdeponie und ökologischer Vorteil für Landschaftsschutz; sog. Geschiebemanagement).

Umgang mit Überlastfall andenken: Gibt es nachgelagerte Kapazität zur Geschiebeaufnahme? Allfällig eine Sollbruchstelle andenken, an welcher das Bauwerk gezielt versagt und das Geschiebe in einen Ausweichraum gelenkt wird, wo es keinen oder minimalen Schaden anrichten kann.

Bei Schaffung von grösseren Rohbodenflächen muss die Neophytenproblematik berücksichtigt werden (hier: Sommerflieder); dies sollte bereits in der Projektphase beachtet und allenfalls über ein Unterhalts- und Bekämpfungskonzept geregelt werden.

Rechen (Stahlprofile beim bergwärtigen Damm einbetoniert in einer Streifenfundation) so dimensionieren, dass auch kleine Ereignisse die Strasse nicht betreffen (keine Räumungsarbeiten).

Arbeiten bei gefährlichen Witterungsbedingungen einstellen (Gewährleistung Arbeitssicherheit).

## Materialien

Namen

Blocksteine und Hinterfüllungsmaterial aus vorhandenem Geschiebe, falls die Gesteinseigenschaften genügend sind (Wasserbausteine; witterungs- und abriebbeständig, frostsicher und bruchfest etc.; im vorliegenden Projekt Nagelfluhblöcke). Ansonsten ist entsprechendes Material zuzuführen.

Rechen aus Stahlträger (HEB/HEM-Profil) zum Schutz der Strasse und deren Durchlass vor kleinen Ereignissen

Beton für Rechen und Durchlass; NPK D (C25/30, XC4, XF3, D<sub>max</sub>16)

Durchlassrohr Strasse; PP-Rohr mit Ø 80 cm und 5 m Länge

NPK Kapitel / Position

Aushubarbeiten: NPK 211.31X.XXX

Materiallieferungen Erdbau: NPK 211.5XX.XXX

Dämme: NPK 211.61X.XXX

Transporte und Lagerung: NPK 211.7XX.XXX

Grundsätzlich lässt sich der Schutzdamm auch mit dem NPK Kapitel Wasserbau 213 ausschreiben.

Mindestanforderungen

Eigenschaften Gestein und Rechen entsprechend den ermittelten Energien, Dimensionen der erwarteten Feststoffkomponenten und Beschaffenheit des nachgelagerten Gerinnes.

Minimale Blockgrösse: 0.3 m<sup>3</sup>

Verarbeitung Tipp

-



Ø Menge pro Einheit      Projektabhängig (Dammdimension; Länge, Breite, Höhe); hier zw. 10 und 30 m<sup>3</sup>/lfm Schutzdamm (Damm oben 80 m, unten 120 m lang; je zwischen 8 und 10 m breit und zwischen 2 und 4 m hoch)

## Mittel

Maschinen      Grosser Fahrbagger bspw. Raupenbagger > 20 t, Transportmittel (Gross- oder Kleindumper, evtl. LKW), Betonmischer

Geräte      Innenrüttler

## Installation

Geeignete Wasserhaltung, auch für kleinere Unwetter ausreichend.

Ev. Depotplatz oder etappierte Lieferung der Blocksteine nötig. Im vorliegenden Projekt konnte durch die lokale Nutzung des Geschiebematerials dieses direkt verbaut bzw. neben der zukünftigen Werkposition deponiert werden (Zwischendeponie vor Ort).

Verkehrsführung (Sicherheitsvorkehrungen Passanten, Transportpisten, etc.) und gute Information sowie Signalisation

## Ausführung

Absteckung      Sensible / schadanfällige Punkte identifizieren und verbauen (bspw. Eintritt in präferenziellen Fliessweg verhindern [Strassen]).

Im Gelände repräsentative Querprofile für jeweils stark ändernde Bedingungen aufnehmen, um daraus den Massenausgleich von Ab- und Auftrag zu berechnen. Dabei sollen positive Geländeeigenschaften (positive Fixpunkte) möglichst ausgenützt werden (Verflachungen etc.). Daraus ergibt sich meist auch der etwaige Standort der Schutzbaute.

Insbesondere bei mittleren und grossen Projektgebieten kann diese Arbeit auch über ein digitales Geländemodell erfolgen. Es bildet die Grundlage für Abflussmodellierungen, für Variantenvergleiche und Massenberechnungen (Vorausmass und Ausmass). Entsprechende Produkte bilden letztendlich Entscheidungshilfen neben weiteren, mehr klassischen Aspekten. Denn Modelle bergen immer auch Risiken, die mit anderen Verfahren überprüft werden müssen.

Erdarbeiten      Foundation für den Schutzdamm bzw. die Blocksteinfront; Einbindetiefe: gute halbe Blocksteinhöhe

Laufende Hinterfüllung (Abtrag aus Geschiebemasse, ev. Zwischendeponie und Auftrag als Damm hinter der Blocksteinfront (Terrainanpassung))

Arbeitsschritte

- (1) Absteckung (Querprofile und Massenausgleich von Ab- und Auftrag abschätzen)
- (2) Erdarbeiten: Geschiebe für Wasserhaltung verschieben und Foundation für die Blocksteinfront
- (3) Etappenweise erste Blocksteine setzen
- (4) Parallel dazu Geschiebe bzw. Hinterfüllungsmaterial lagenweise einbringen und verdichten. Das Material stammt aus lokalem Überschuss.
- (5) Foundation und Einbau Geschieberechen; Betonanwendung
- (6) Abschliessende Erdarbeiten: Beenden der vorgesehenen Geländeform (Auf- oder Abtrag). Aufheben der Wasserhaltung
- (7) Die Restfläche bzw. der Prozessraum soll sich natürlich entwickeln, d.h. vorliegend, die Berg-/Felssturzlandschaft soll erhalten werden und als Pionierfläche dienen (Biodiversitätsförderung)

Tun und Vermeiden      Massenausgleich ist anzustrebendes Ziel; essentielle Kostenersparnis (Abfuhr und Deponie umgehen)  
Einbau und Verdichtung in horizontalen Schichten von 50 cm Mächtigkeit.

Abschlussarbeiten      Begrünung der Dammböschung



## Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- |                                     |  |                                     |   |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| immer                               | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>9 lebenswichtige Regeln</b> für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820)</li><li>▪ <b>Notfallplanung</b> (SUVA Publikation 67061)</li><li>▪ <b>Arbeitsvorbereitung (AVOR)</b> (SUVA Publikation 67124)</li></ul> |                                     |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Naturgefahren, Gebirge</b> (SUVA Publikation 33019, 67154)  | <input type="checkbox"/>            | <b>Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang</b> (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Maschineneinsatz</b> (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574)   | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Graben und Baugruben</b> (SUVA Publikation 67148)                        |
| <input type="checkbox"/>            | <b>Strom auf der Baustelle</b> (SUVA Publikation 67081, 67092)   | <input type="checkbox"/>            | <b>Zusammenarbeit mit Fremdfirmen</b> (SUVA Publikation 66092/1)            |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Verkehr und Infrastruktur</b> (SN 640886)   | <input type="checkbox"/>            | <b>Waldarbeiten</b> (SUVA Publikation 84034)                                |
| <input type="checkbox"/>            | <b>9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal</b> (SUVA Publikation 88819)   | <input type="checkbox"/>            | <b>Arbeiten am, im oder über Wasser</b> (SUVA Publikation 67153)            |

## Werterhalt

laufend

-

periodisch

Nach grösseren Ereignissen Sichtkontrolle und allfällig grosse Mengen Geschiebematerial abtransportieren.

Holzgewächse innerhalb bzw. auf der Blocksteinmauer entfernen (allfällige Destabilisierung).  
Spezielles Augenmerk auf Neophyten.

## Rückbau

Ein klassischer Rückbau ist nicht vorgesehen; allenfalls können die Blocksteine entfernt werden, wobei diese wiederverwendbar sind. Weiter sind nachträgliche Gelände-/Terrainanpassungen sehr gut möglich.

### 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 (Quelle: Annen Forstingenieurbüro, 2005-09)



Abbildung 1: Prozessgebiet Grisselenbach nach den Ereignissen vom August 2005



Abbildung 2: Fertiggestellter unterer Schutzdamm mit Blocksteinfront



Abbildung 3: Bergwärtiges Ende des unteren Schutzdammes, talwärtige Blickrichtung, Fließgewässer entlang des Waldrandes auf der linken Bildseite.



Abbildung 4: Blick in Richtung Tal mit unterem Schutzdamm. Die Strasse senkt sich zur Gerinneachse zum Schutz vor ausbrechender Geschiebemasse. Das vom Murgang 2005 verschobene und schräg gestellte Gebäude wurde als „stummer Zeuge“ an Ort und Stelle belassen.



Abbildung 5: Geschieberechen beim oberen Schutzdamm zum Schutz der Strasse und deren Durchlass vor Kleinereignissen.



Abbildung 6: Detail Geschieberechen beim oberen Schutzdamm mit Blick zu dessen bergwärtigem Ende.