



Hangverbauungen, Guarda

Holzkästen und Wasserkanäle zur Sicherung eines Hanges

- V-Kanäle als Wasserleitsystem
- Schutz gegen Hangerosion durch Hangstabilisierung mittels Holzkästen
- Kombination von Rohrsystem, V- Holzkanälen und eingedecktem Holzkasten mit Leitsystem



Holzkästen, Sicht vom zweiten Holzkasten Richtung V-Kanäle

Ausführungsort / Planer

Ausführungsort: Guarda (GR), Aual Sot Chamot (2 806 600 / 1 184 400)

Bauherrschaft: Gemeinde Guarda, 7545 Guarda

Bauleitung: Caprez Ingenieure, Chalzina, 7550 Scuol, Chasper Alexander Felix, Kulturing.

Ausführung: Gestiu Forestal Macun, 7546 Ardez und Foffa Conrad AG, 7530 Zernez

Baujahr: 2011; Fertigstellung 2012

Funktion / Anwendungsgrenzen

Grundsätzlich sind für jedes Projekt die Prozesse und Mechanismen welche die Rutschung auslösen separat zu beurteilen. Jedoch umfasst eine Hangstabilisierung immer folgende Massnahmen:

- Hangfussicherung
- Boden- und Sickerwasser ableiten
- Langfristig stabile Hangneigung bestimmen
- Oberflächenschutz gegen Erosion

Früher wurden häufig Holzkanäle verwendet um Wasser durch vernässte Gebiete zu leiten. Dies damit kein zusätzliches Wasser in den bereits vernässten Boden gelangt und so Rutschungen auslöst. Da heute ein Verlegen von unter- und oberirdischen Rohren durch die voranschreitende Technik (Bagger, Schweissttechnik, u.a.) leichter geworden ist, werden Holzkanäle heutzutage nur noch selten für das Ableiten von Wasser eingesetzt. Gründe dafür sind folgende:

- Hoher Unterhaltsaufwand
- Häufige Kontrollen notwendig
- Schnelles Verfaulen
- Mögliches Überlaufen von Wasser
- Verletzungsgefahr für Tiere

Im vorliegenden Fall wurden explizit Holzkanäle bevorzugt, da von einer anderen Baustelle Bretter übrig waren, eine offene Wasserführung gewünscht wurde und lokale Materialien für den Bau verwendet werden sollten.

Im vorliegenden Projekt müssen im Extremfall bei einer kompletten Entleerung des Reservoirs 130 l/s durch die Holzkanäle abgeleitet werden.

Holzkästen können zur Stabilisierung eines Hanges eingesetzt werden, indem sie Rutschungen am und im Hang durch Gegendruck oder Armierungswirkung unterbinden. Weiter kommen sie folgend erfolgreich zur Anwendung:

- Stützbauwerke zur Reduktion der Hangneigung im Rufenverbau
- Stützbauwerke zur Sanierung flach- bis mittelgründiger Rutschungen
- Sperren- und Leitwerke im Bachverbau
- Uferschutz bei Flüssen und Seen
- Fussicherung für Hangroste



Holzkasten werden grundsätzlich als Schwergewichtsbauwerke (z.T. mit Bodenverankerung) konzipiert. Im vorliegenden Projekt wurden doppelte Holzkasten erstellt. Doppelte Holzkasten werden als zweiwandige Bauwerke ausgebildet, indem zwei parallel zum Hang angeordnete Wände aus Längshölzern (Schwellen) durch Querhölzer (Zangen) miteinander verbunden werden. Dies macht in diesem Fall Sinn, da der vernässte Hang stabilisiert werden soll und gleichzeitig ein Wasserleitsystem für den Bemessungsabfluss von 130 l/s auf den Holzkästen erstellt werden soll.

Die sorgfältige Analyse des Prozessgeländes und die damit abgeleitete Ausnutzung der natürlichen Topographie erhöhen die Wirkung der Holzkasten.

Holzkasten haben die Vorteile, dass eine rasche Sicherung des Hanges erfolgt und die Montage ziemlich einfach ist. Jedoch sollte das Bauwerk falls möglich vollständig eingedeckt werden, da sonst mit einer beschränkten Lebensdauer zu rechnen ist.

Voraussetzungen Baugrund

Offen verlegte Wasserableitungen, insbesondere in Holz eignen sich in Gebieten mit mehr oder weniger aktiven Bodenbewegungen und solchen, in denen die Gerinne zu Versinterung neigen. Die Funktion und der Zustand der Ableitung ist so klar einsehbar. Noch verlässlicher sind seit der Möglichkeit zur Rohrverbindung durch Verschweissung und gelegentlich über Langmuffen, offen verlegte PE Rohre. Sie sind noch flexibler gegenüber Bodenbewegungen. Zudem bilden diese eine kleinere Gefahr gegenüber Ausrutschen für Mensch und Tier.

Holzsperrern eignen sich an beschatteten, wenig wechselfeuchten und an weit abgelegenen Standorten besonders. Zudem haben sie auch wesentliche Vorteile bezüglich Umwelt und Baukosten.

Vorliegend hätte man sich durchaus auch für andere Systeme entscheiden können. Der lokale Baustoff, Umweltaspekte und die Verarbeitung in Eigenregie bewog die Bauherrschaft zu diesem Vorgehen.

Gesetze / Normen

Gewässerschutzgesetz GSchG

SIA 267, Geotechnik

Literatur:

Bergmeister K, Suda J, Hübl J, Rudolf-Miklau F, 2009. Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Ernst & Sohn, Berlin, 210 S.

Böll A, 1997. Wildbach und Hangverbau. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf, 123 S.

Böll A, Gerber W, Graf F, Rickli C, 1999. Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Rensenverbau. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, abgerufen am 08.01.2017, <http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/3303.pdf>

Zeller J und Trümpler J, 1984. Rutschungsentwässerung. Eidgenössische Forschungsanstalt für forstliches Versuchswesen, Birmensdorf, Teufen, 276 S. (siehe Downloadbereich www.fobatec.ch)

AWL, 2003. Ingenieurbilogie und Hangverbau. Handbuch, Amt für Wald und Raumentwicklung Obwalden (heute: Amt für Wald und Landschaft [AWL]). 2. Auflage, Juni 2006, 74 S inkl. Anhang.

Internet:

Böll A, Frei M, 2001. Holz wiederentdeckt: Holzkonstruktionen im Wildbachverbau. Abgerufen am 08.01.2017, <http://www.e-periodica.ch/cntmng?var=true&pid=sbz-004:2001:127::1058>

Krättli W, Schwarz M, 2015. Stabilisierung rutschender Hänge. Fachstelle für Forstliche Bautechnik, abgerufen am 08.01.2017. http://www.fobatec.ch/fileadmin/user_upload/customers/fobatec/09Unterlagen/Tagungsunterlagen/TagungsskriptRutschung151021.pdf



Projektierung

Normalie / Plan

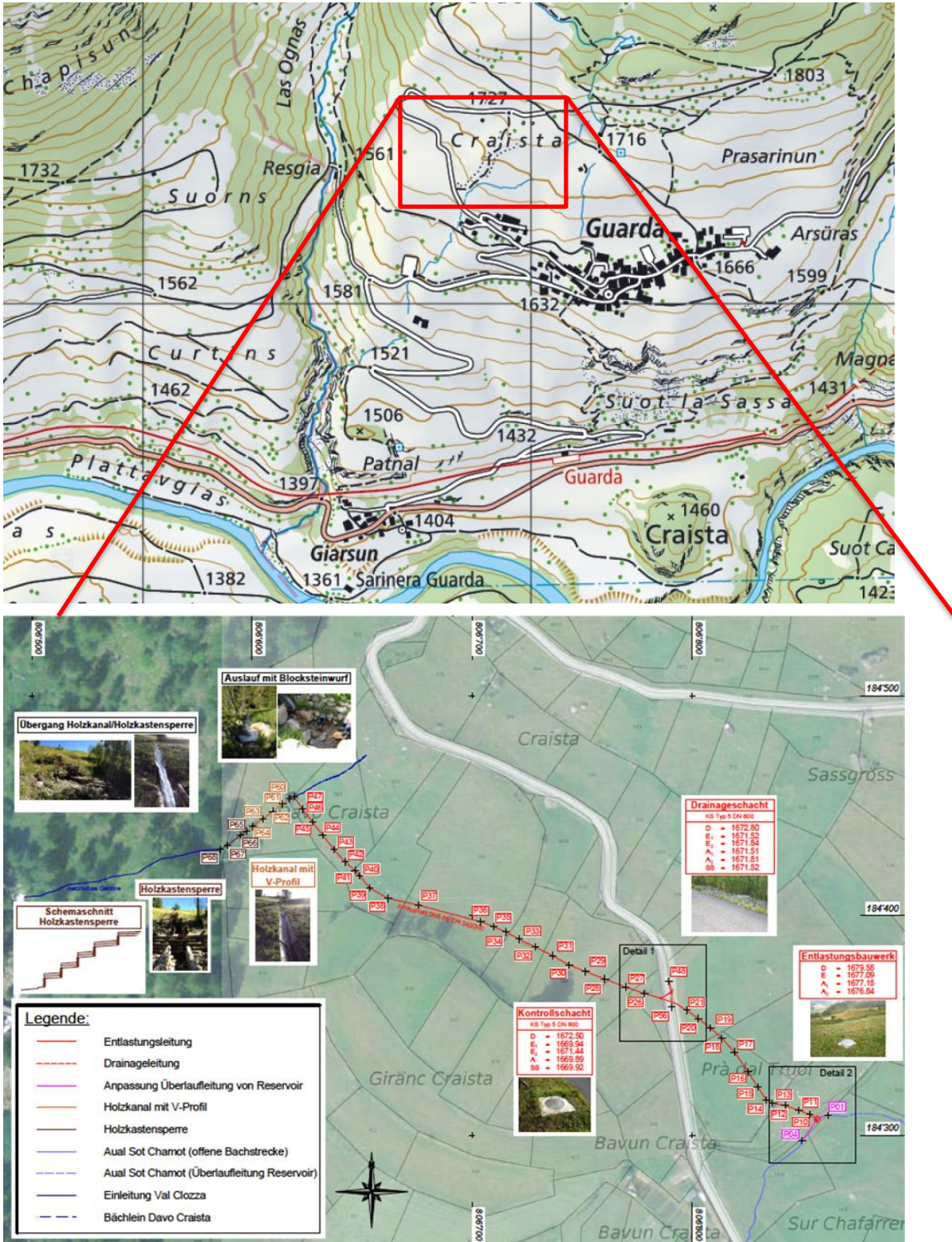


Abbildung 1 Situationsübersicht des Wasserleitsystems vom Reservoirüberfluss (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017, verändert, Caprez Ingenieure 2013)

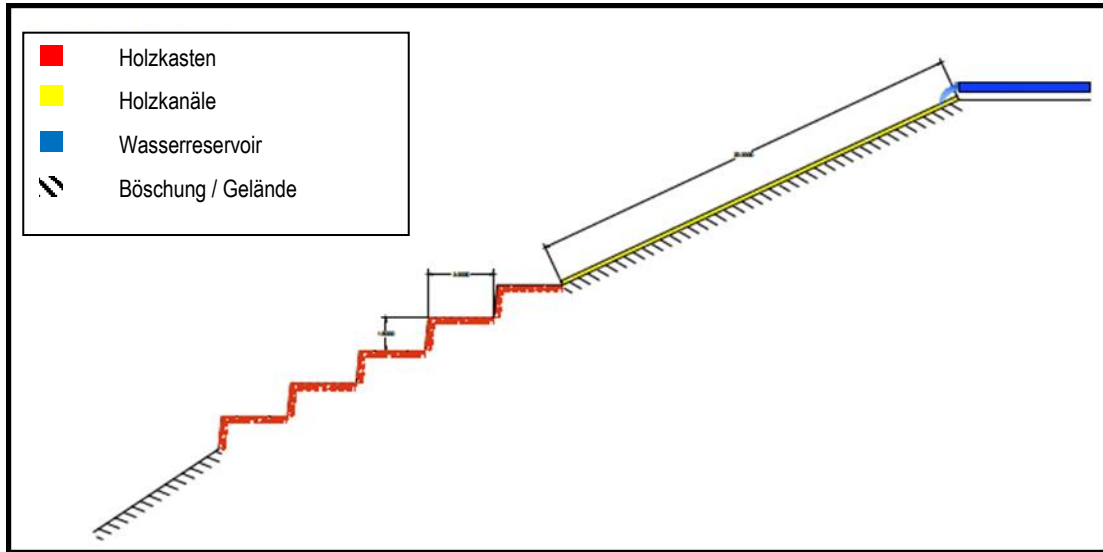


Abbildung 2 Schematische Darstellung des Wasserleitsystems

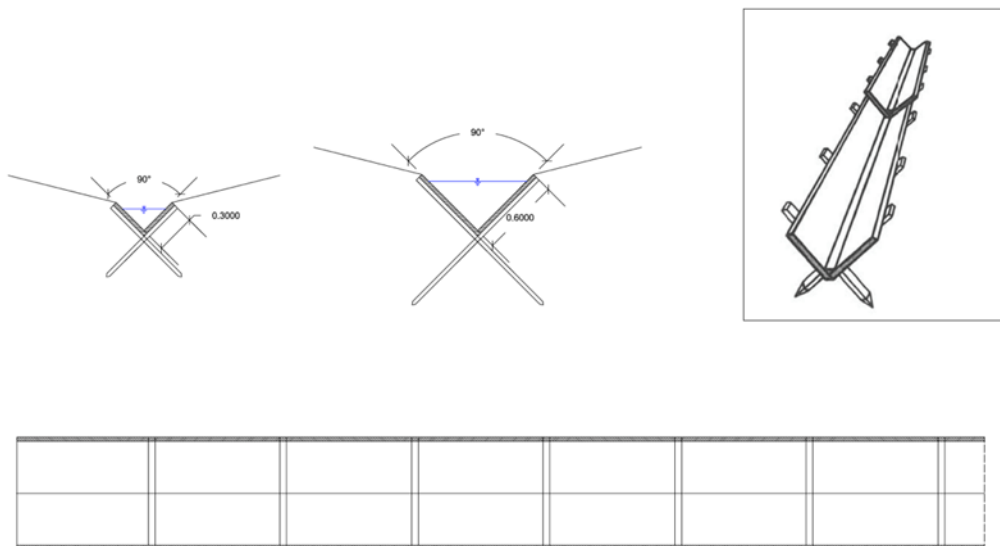




Abbildung 3 Skizze des V-Kanals

-  Holzkasten
-  Steinfüllung

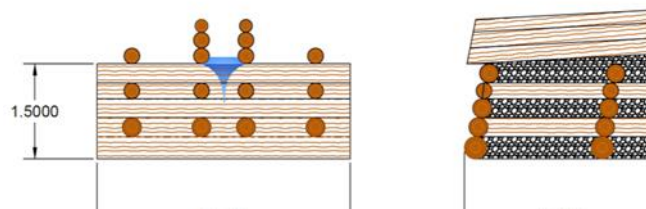


Abbildung 4 Skizze des Holzkastens mit Wasserleitsystem

Tragwerksanalyse

Um zu verhindern, dass Wasser in einen bereits gesättigten Boden eindringt und so eine Rutschung auslöst, kann mittels verschiedenen Leitsystemen das Wasser am Eindringen gehindert werden. Im folgenden Fall wurde ein V-Kanalleitsystem gewählt, in Kombination mit Holzkastensperren, um die Fließgeschwindigkeit tiefer zu halten. Eine offene Wasserführung wurde von der Gemeinde gewünscht. Die gewählten Werke sind den Einwirkungen Wasser



(fliessend und stehend), dem aktiven Erddruck und Hangbewegungen kleineren Ausmasses sowie materialbedingt auch der Verwitterung und biogenen Zersetzung ausgesetzt.

Die Rutschungsmechanismen sind entscheidend für die Wahl der Stabilisierungsmassnahmen. Im vorliegenden Projekt wurde ein gesättigter Gleyboden im oberen Hangabschnitt vorgefunden. Hier ist damit zu rechnen, dass sich bei zusätzlicher Wasserinfiltration eine Hangrutschung lösen kann. Die Bestimmung der Rutschungstiefe ist elementar für die Verbaueingriffshöhe bzw. für die Konstruktionswahl. Um eine Rutschung mittels Abstützung zu stabilisieren, müssen die Kräfte hinter der Gleitfläche in den standfesten Untergrund eingeleitet werden. Dies kann durch Stützkörper oder Anker und/oder Pfähle geschehen. Im vorliegenden Fall wurde in ca. 2 Metern Tiefe bebaubarer, standfester Untergrund vorgefunden und die Holzkästen konnten somit darauf aufgebaut werden.

Nachzuweisen sind im vorliegenden Fall mit zwei verschiedenen Werken (Sperrern und Kännel) die Abflusssituation, die Statik der Werke und die Baugrundsicherheit.

Bezüglich Abfluss kann hier auf einen steuerbaren, sicheren Wert von 130l/min gesetzt werden, da es um ein Reservoirabfluss geht. Die Kännelgrösse kann nach Zeller 1984 bemessen und verlegt werden. Bezüglich Sperrern in Holz gehen die theoretischen Ansätze von der Wirkung als Schwergewichtsmauer aus und verlangen nach SIA 267 den Nachweis der Sicherheit gegenüber Kippen, Gleiten und Grundbruch (äussere Tragsicherheit). Der Nachweis der inneren Tragsicherheit folgt dem Modell eines einfachen Balkens.

In der Verbaupraxis werden Holzsperrern kaum bemessen, denn es hat sich gezeigt, dass für das Verhalten und insbesondere für die Lebensdauer in der Regel die Ausführung entscheidend ist. Andererseits ist bei naturnahen Verbaumethoden und Verbausystemen die quantitative Bemessung auch aufgrund der vereinfachenden Modelle immer noch schwierig.

Gemäss Böll 1997 ergibt sich meistens eine ausreichende Sicherheit, wenn die Sperrernbreite $B = \frac{1}{2}$ Sperrernhöhe H beträgt. Im vorliegendem Projekt sind die Holzsperrern 4 m breit und 1,5 m hoch. Somit erfüllen diese Holzkästen deutlich das minimale Verhältnis. In steilen Hängen sollte der Anzug eines Holzkastens das Verhältnis von 5:1 nicht überschreiten. Diese Grundregel wurde bei der Ausführung ebenfalls betrachtet.

Ausreichender Kolkenschutz oder Kolkgestaltung ist wichtig. Gegen Abrasion können oberflächliche, stark exponierte Teile auswechselbar konstruiert werden (Überfallholz, Bedielung). Die Zersetzung durch Holzabbau kann durch Beschattung und damit gleichmässig, feuchtes Klima und möglichst kleinen Holz-Luft-Kontakt hinausgezögert werden.

Bemessung

Dimensionierung V-Kanal

Die Dimensionierung des V-Kanals erfolgte nach Strickler. Bei der Entleerung des Trinkwasserreservoirs gibt es einen maximalen Abfluss von 130 l/s = 0.13 m³/s. Auf diesen maximalen Abfluss soll der Kanal dimensioniert werden.

Für die Dimensionierung wurde folgende Formel verwendet:

$$Q_{max} = k \cdot \sqrt{i} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot A$$

Q_{max} = maximaler Abfluss

k = Rauigkeitswert (in folgendem Fall wurde für Holz ein k -Wert von 70 [m^{1/3}s⁻¹] gewählt)

i = Hangneigung in Prozent (20° = 0.36)

R = Hydraulischer Radius

A = Querschnittsfläche

Der hydraulische Radius lässt sich mittels der Querschnittsfläche (A) und dem benetzten Umfang (U) errechnen.

$$R = \frac{A}{U}$$

$$A = m \cdot h^2$$

$$U = 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$$



Daraus lässt sich errechnen, wenn die Bretter in einem rechten Winkel zusammengeschaubt werden, dass für die Leitung der 130 l/s die Seitenbretter für den Kanal mindestens eine Breite (Seitenwand Kanal) von 22 cm brauchen. Die Wasserabflusstiefe beträgt dabei bei ruhiger Strömung 15 cm.

In einer ersten Phase wurde so ein Kanal mit 30 cm Seitenbrettern gemäss diesen Berechnungen erstellt.

Bei einem zwischenzeitlichen Probelauf wurde jedoch festgestellt, dass diese Seitenwände nicht genügten. Dies daher, da in dieser Kalkulation der Sicherheitszuschlag und die Luftaufnahme des Wassers vergessen wurde. Der Lufteintrag wurde zusätzlich verstärkt durch Kanthölzer, welche im Kanal eingeschraubt und ursprünglich für eine Bremswirkung des Wassers gedacht waren. Die Kanthölzer führten auch dazu, dass zusätzliche Turbulenzen im Wasser ausgelöst wurden.

In der gängigen Literatur sind keine Angaben zum Sicherheitszuschlag (Δh_s) für die Berücksichtigung von Strömungen und Turbulenzen im Wasser zu finden. Der Sicherheitszuschlag wurde mit Hilfe des Dokumentes Rutschungsentwässerungen (Zeller und Trümpler 1984) bestimmt, diese Angaben stammen aus dem Wasserbau. In der Abbildung 5 ist der Sicherheitszuschlag, der sogenannte „Freibord“, in Abhängigkeit der Wassertiefe dargestellt. In vorliegendem Projekt wurde der Sicherheitszuschlag von ca. 15 cm gewählt. In Wirklichkeit müsste der Sicherheitszuschlag als Funktion des Gefälles und anderer Parameter wie zum Beispiel der Froudeschen Zahl Fr dargestellt werden, da unter anderem die Wellenhöhe von der Fliessgeschwindigkeit abhängt. Im Sinne eines vereinfachten, praxisfreundlichen Kompromisses, der allerdings nicht alle extremen Wellen abdeckt, begnügte man sich mit der angegebenen Δh_s -Kurve (Abb. 5). Dies hat allerdings zur Folge, dass bei kleinen Fr der Sicherheitszuschlag eher reichlich und bei grossen Fr dagegen eher zu klein bemessen ist. Im Sicherheitszuschlag Δh_s sind äussere Einwirkungen auf den Abfluss nicht berücksichtigt wie zum Beispiel ein grosser eingeklemmter Stein.

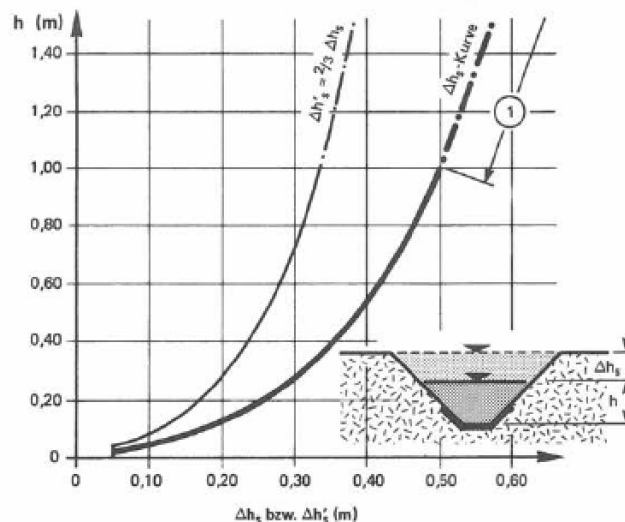


Abbildung 5 Vorgeschlagerener Sicherheitszuschlag Δh_s (Freibord) für Entwässerungsgräben und -kanäle bei schiessendem Normalabfluss (Zeller, Trümpler, 1984).


Somit ergibt sich inklusive des Sicherheitszuschlags eine Breite der Bretter für die Seitenwand des Kanals von total ca. 52 cm.

Gemäss Zeller und Trümpler beträgt die Abflusstiefe, welche sich aus der Normalabflusswassertiefe, dem Sicherheitszuschlag und der Luftaufnahme zusammensetzt, bei einem 20% geneigten Hang und einer Wassermenge von 130 l/s ca. 35 cm (Tab.1). Die Holzkanäle wurden daher nun um ein Brett erhöht und die Seitenwände waren nun 60 cm breit, somit wurde eine maximale Abflusstiefe von 42 cm gewährleistet. Zudem wurden die Bremshölzer



entfernt um keine zusätzlichen Turbulenzen zu haben. Mit diesen Massnahmen konnte erreicht werden, dass der Abfluss komplett innerhalb des V-Profil blieb.

Tabelle 1 Für die Bemessung von Kanälen und Gräben empfohlene Wassertiefen (Zeller, Trümpler 1984)

Känneltyp	Bezeichnung	Gewässergrösse	Q = 0,10 m³/s				Q = 0,20 m³/s			
			J = 2%	J = 10%	J = 20%	J = 30%	J = 2%	J = 10%	J = 20%	J = 30%
 20/4	Dreieck- oder V-Kännel aus Holz	sehr klein	0,47	0,36	0,33	0,31	0,59	0,46	0,41	0,38

Bemessung Holzkasten

Damit der Hang unterhalb des V-Kanals im Übergang zum Wald auch bei einer Reservoirentleerung, das heisst bei einer zusätzlichen Wasserzufuhr stabil bleibt, sollte die Hangneigung mittels eines Holzkastens reduziert werden. Auf dem Holzkasten entstand ein zusätzlicher Kanal zur Ableitung des Wassers. Der Boden dieses Kanals wurde mit grossen Steinplatten ausgelegt, welche verhindern sollten, dass all zu viel Wasser in den Hang eindringt oder sich ein Kolk bildet und so Erosions- und Rutschgefahr entsteht.

Mittels der Holzkasten soll die Sohlneigung des Gerinnes auf maximal 5 % reduziert, da bei dieser Neigung angenommen wird, dass der Hang auch mit zusätzlicher Wasserzufuhr stabil bleibt.

Es wurde die Anzahl Holzkasten und deren Dimensionierung bestimmt. Insgesamt wurden 5 Holzkasten je 3 m nach hinten versetzt gebaut. Dabei wurde eine Sperrenbreite von 4 m gewählt und eine Sperrenhöhe von 1.5 m. Diese Masse bieten dabei gemäss Böll (1997) eine genügende Sicherheit, da die Sperrenbreite $B > \frac{1}{2}$ Sperrenhöhe H ist.

Der Anzug der Holzkasten liegt bei einem Verhältnis von 5:1. Damit ist gemäss Böll (1997) die Sicherheit gegen Kippen gewährleistet.

Die Sicherheit gegen Gleiten wird gewährleistet dadurch, dass der Holzkasten in den Boden eingebunden wird (vor allem seitliche Einbindung ist wichtig). Und auf stabilem Grund (Ausgangsgestein, fester Boden) gebaut wird. Welcher sich im vorliegend Projekt wie oben beschrieben auf 2 m Tiefe befindet.

Der Holzkanal, welcher auf dem Holzkasten aufgebaut wurde, wurde ebenfalls nach Strickler berechnet.

$$Q_{max} = k \cdot \sqrt{i} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot A$$

mit dem hydraulischen Radius

$$R = A/U$$

Wobei sich der hydraulische Radius wiederum mittels der Querschnittsfläche(A) und dem benetzten Umfang(U) errechnen lässt. Da es sich dieses mal jedoch um eine Trapezform handelt, wird die Querschnittsfläche (A) und der benetzte Umfang wie folgt berechnet:



$$A = (b + mh) h$$

$$U = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

Aus diesen Berechnungen ergibt sich, dass bereits ein sehr kleiner Holzkanal bei einer Grundbreite (b) von 50 cm genügt. So wurde in einem ersten Versuch mit Hilfe von Steinplatten als Grund und auf der Seite je ein Lärchenbalken ein Kanal geschaffen.

Bei einem Probelauf wurde festgestellt, dass das Wasser in einer leichten Kurve im Kanal über die Holzkästen fließen muss, um am gewünschten Ort in den Hang eingeleitet werden zu können.



Daher prallte das Wasser von Holzkästen zwei zu Holzkästen drei auf den Lärchenbalken auf und nur die Hälfte floss im Kanal ab. Dieses Problem wurde durch die Montage eines leicht versetzten zweiten Lärchenbalkens gelöst. So dienen nun die Lärchenbalken als Prallwand.

Um das Wasser bei den Holzkästen am einsickern im Boden zu verhindern, wurde das Auffüllmaterial mit Hilfe des Schreitbaggers verdichtet und für den Reservoirüberfluss ein Leitsystem auf den Holzkästen gebaut.

Ø Kosten pro Einheit

Projektabhängig; Die Kosten für Holzverbauungen in Hängen weisen eine grosse Spannweite auf, massgebende Ursachen dafür sind einerseits die unterschiedlichen Konstruktionstypen, andererseits jedoch auch die speziellen Verhältnisse am Standort der Verbauung.

Im vorliegenden Beispiel betragen die Kosten pro Holzkasten mit Massen 4x2x1.5 m ca. 3'000 CHF. Für die V-Holzkanäle betragen die Kosten pro Laufmeter ca. 150 CHF.

Tun und Vermeiden

Detaillierte Berechnungen zu Beginn des Projekts helfen die Baukosten tiefer zu halten.

Betroffene Dritte und speziell Grundeigentümer möglichst früh miteinbeziehen (Lösungen und Abgeltungen besprechen).

Natürliche Geländeformen bei der Absteckung miteinbeziehen (natürliches Gefälle für Rohrsystem möglichst optimal ausnutzen).

Ein Schlitz mit dem Schreitbagger gibt bereits im Vorhinein Auskunft über die Bodenbeschaffenheiten und hilft die gutachterliche Beurteilung zu unterstützen.

Frühe Informationsbeschaffung hilft die optimale Lösung zu finden. In diesem Fall wurde im Nachhinein festgestellt, dass Rohre die billigere Lösung gewesen wären.

Lokales Material (Bäume vor Ort, etc.) nutzen um weite Transportkosten zu verhindern.

Materialien

Namen

Für V-Holzkanäle:

- Fichtenbretter (400 x 30 x 3 cm)
- Dachlatten (400 x 3 x 2.5 cm)
- Kanthölzer (400 x 6 x 6 cm)
- Schrauben

Für Holzkästen:

- Lärchenstämme geschält 4 m (durchschnittlicher Durchmesser 25 cm)
- Armierungseisen 40 cm

NPK Kapitel / Position

V-Kanäle: NPK 213.23X.XXX

Materiallieferung Holz: NPK 213.516.XXX

Holzkästen Bau: NPK 213.571.XXX

Mindestanforderungen

Splintarmes Holz, saubere Ausbildung (Schnitte, Kanten, Verbindungen)

Verarbeitung Tipp

Dauerhaftes Holz für Holzkästen (Lärche, Eiche, Douglasie) für lange Lebensdauer verwenden

Evt. Bremshölzer in V-Kanal einbauen zur Reduktion der Fliessgeschwindigkeit. Diese dienen gleichzeitig auch dazu, dass kein Tier im Kanal ausrutscht. Führt jedoch dazu, dass der Kanal höher gebaut werden muss, da zusätzliche Turbulenzen und zusätzlicher Lufteintrag entstehen.

Holzüberstand an Vernagelungspunkten (Knoten) mindestens 40cm



Ø Menge pro Einheit

Pro vier Laufmeter V-Kanal: 4 Bretter, 2 Dachlatten, Schrauben

Pro Holzkasten bei einer Dimension von 1.5 m Höhe, 4 m Breite und 2 m Tiefe: 12 Lärchenstämmen 25 cm (ca. 2 m³), 50 Nägel aus Bewehrungsstahl 50cm

Mittel

Maschinen

Helikopter mit Langseil für Holztransport, Schreitbagger mit Traktionsseilwinde, Greifzange für Holz und Löffel für Aushub

Geräte

Notstromagregat, Kabelrollen, Bohrmaschine, Doppelmeter, Motorsäge, 2 Zappis, Benzinbohrmaschine, 2 Spalthammer

Installation

Verkehrsführung und Signalisation; Während den Bauarbeiten wurde auf dem ca. 400m tieferliegende Wanderweg eine Information und Signalisation installiert.

Deponieplatz; Grundsätzlich ist kein Installations- oder Depotplatz notwendig, was jedoch projektabhängig ist. Das Rundholz kann, wie im vorliegendem Projekt, direkt vom Helikopter zur gewünschten Stelle (im Hang neben dem Ort wo die Holzkästen entstehen) geflogen werden. Das Aushubmaterial für die Holzkästen wird jeweils vor Ort am Hang zwischengelagert und danach direkt wieder hinterfüllt.

Präventives Baumfällen in den Einhängen; Für die Arbeitssicherheit wurden wo nötig durchgeführt und so instabile Bäume entfernt.

Ausführung

Absteckung

Für den Holzkanal wurde nur der Anfangs- und Endpunkt definiert. Die Holzkästen wurden nicht abgesteckt, sondern nur mit dem Maschinisten deren Lage besprochen.

Erdarbeiten

Es wird ein Aushub bis auf eine stabile, feste Unterlage mit Hilfe des Schreitbaggers gemacht, um die fünf Holzkästen zu bauen. Das Aushubmaterial wird jeweils pro Holzkasten zur Seite gelegt und danach wieder hinterfüllt.

Arbeitsschritte

- (1) Abstecken des Anfangs und Endpunkt des V-Holzkanals
- (2) Schlitz für V-Kanals wird mit Hilfe des Schreitbaggers ins Gelände gemacht
- (3) V-Holzkasten wird aus jeweils zwei Brettern zusammengeschraubt und 4 m Weisse verlegt (unten beginnend)
- (4) Lage und Grösse der Holzkasten werden ungefähr mit dem Maschinisten besprochen und im Gelände grob abgesteckt.
- (5) Aushub für untersten Holzkasten mittels Schreitbagger, Ablagerung des Aushubmaterials auf der Seite
- (6) Bau des Holzkastens, beginnend mit zwei Längshölzern von 4 m. Darauf werden Zangen von jeweils 2 m mit Armierungseisen festgenagelt. Die Zwischenräume werden jeweils ebenfalls mit Rundhölzern ausgefüllt
- (7) Fortlaufendes Hinterfüllen des Holzkastens mit dem Aushubmaterial, mit Hilfe des Schreitbaggers
- (8) Aushub und Bau des zweiten bis fünften Holzkastens gemäss Punkten (5)-(7).
- (9) Aufbau der Seitenwangen zur Wasserleitung auf den Holzkästen mittels Lärchenstämmen
- (10) Probelauf mit 1/2 der maximalen Wassermenge (60l/s)
- (11) Erhöhung des V-Kanals und Entfernung der Bremshölzer
- (12) Erhöhung der Seitenwangen des Wasserleitsystems auf den Holzkästen
- (13) Auslegen des Wasserkanals mit Steinplatten



Tun und Vermeiden

Ein genaues Abstecken und Planen der V-Kanäle und Holzkästen führt zu weniger Probeläufen und senkt so die Projektkosten.

Mittels Probeläufen kann das System auf seine Tauglichkeit hin geprüft werden, und mögliche Fehler können behoben werden. Dabei kann nach Möglichkeit das System auch nur mit einem Teil der maximalen Wassermenge (z.B. 50%) getestet werden.

Kanthölzer können zur Geschwindigkeitsreduktion des Wassers im V-Kanal eingeschraubt werden, dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Kanthölzer zu zusätzlichen Turbulenzen im Holzkanal führen und daher höhere Holzkanäle gebaut werden müssen.

Die Bauarbeiten sollten bei Gelegenheit in einer trockenen Phase des Jahres durchgeführt werden. Dies erleichtert das Arbeiten im feuchten Gelände erheblich.

Abschlussarbeiten

Nach dem Probelauf mit der maximalen Wassermenge sind im folgenden Jahr noch folgende kleinen Korrekturen zu machen:

- Übergang von Rohr zu V-Kanal wird mit Lehm abgedichtet
- V-Kanal um 1 m kürzen, damit das Wasser ruhiger in den Holzkasten läuft
- Stromkabel zum Schiessstand, welches im freien Bachlauf im Wald ist, wird wegen Verklausungsgefahr umgeleitet

Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- | | | |
|-------------------------------------|--|---|
| immer | <ul style="list-style-type: none">▪ 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 checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| <input type="checkbox"/> | Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input type="checkbox"/> Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819) | <input type="checkbox"/> Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153) |



Werterhalt

betriebllich

Die V-Holzkanäle, Holzkästen und der natürliche Bachverlauf werden mehrmals jährlich visuell überprüft und potentielles Verklausungsmaterial wie Steine und Äste werden mittels Handwerkzeug entfernt.

baulich

Je nach Zustand ist ein periodischer Ersatz der V-Kanäle in einem 20-30 Jahr-Rhythmus geplant. Für die Holzkästen ist kein Ersatz oder Instandstellung vorgesehen, da bis zum verfaulen der Holzkästen eine weitgehende Hangstabilisierung stattgefunden haben sollte durch die vorhandene Vegetation.

Rückbau

Ein klassischer Rückbau ist nicht vorgesehen, solange das Reservoir in Betrieb ist. Zudem werden sich die meisten Baumaterialien mit der Zeit selber zersetzen, was einen Rückbau überflüssig macht.

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



Abb. 6: Erste Version der V-Kanäle in der Bauphase



Abb. 7: Holzkasten während der Bauphase.



Abb. 8: V-Kanäle 2 Jahre nach Abschluss des Baus.



Abb. 9: Fertiggestellte Holzkästen mit Steinkolkschutz.



Abb. 10: Maximaler Reservoirabfluss (130 l/s).



Abb. 11: Testlauf mit 130 l/s über Holzkästen.



Abbildung 13 Testlauf mit 130 l/s im natürlichen Bachbett im Wald



Abb. 12 Testlauf mit 130 l/s über V-Kanäle.



Abbildung 14 Informationsschild Wanderweg