



Konsolidierungssperren aus Holz: Typ «Greyerzersperre», Rüscheegg BE

Bachsperrentreppe zur Stabilisierung der Bachsohle und der seitlichen Einhänge

- Stabilisierung des Gerinneeinhangs
- Befestigung der Gerinnesohle
- Schutz von Infrastruktur (Leitungen und Strasse)
- Spezielle Ausfachung mit längs eingelegten Prügeln / Schwarten



«Greyerzersperren» Jahre nach ihrer Fertigstellung (Bild: M. Nyfenegger)

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Rüscheegg Hirschhorn (BE), Hulisgraben (2'595'512, 1'180'531)
Bauherrschaft:	Gemeinde Rüscheegg
Planung/Bauleitung:	Forstkommunalbetrieb Rüscheegg, P. Piller
Ausführung:	Forstkommunalbetrieb Rüscheegg, P. Piller
Baujahr:	2015

Funktion / Anwendungsgrenzen

Konsolidierungssperren dienen im Allgemeinen der Stabilisierung der Bachsohle und der Gerinne-Einhänge. Durch das Anheben der Gerinnesohle wird die Abflussgeschwindigkeit reduziert und die Energie an den entstehenden, freien Überfällen im Sperrenkolk abgebaut. Schliesslich reduziert sich dadurch die Geschiebetransportkapazität und damit die Erosionsleistung. Es kommt zu temporären Ablagerungen transportierter Feststoffe.

Konsolidierungssperren aus Holz können im zusammenhängenden Verbund (Vollverbau) oder als Einzelsperren ausgeführt werden. Unter idealen Bedingungen kann sich die Nutzungsdauer von Bachsperren aus Holz bis auf 60 Jahre oder mehr erstrecken. Die Holzbauweise eignet sich für Sperren-Nutzhöhen bis ca. 4 m. Ungeeignet ist die Holzbauweise für murgangfähige Gerinne oder Gerinne mit allgemein hohem Hydroabrasiv-Verschleiss.

In dieser Dokumentation wird auf den Typ «Greyerzer-Sperre» eingegangen, welche überwiegend im Kanton Fribourg zur Anwendung kommt. Zu den Hauptmerkmalen gehört ein kraftschlüssiger Vollverbau mit doppelwandigen Sperren und Prügellagen als Ausfachung. Der Kolkbereich ist mit einer Dielenlage versehen, die bis zur Überfallkante der darunterliegenden Sperre durchgehend ist. Es kann sich im gebrauchstauglichen Zustand folglich kein Kolk ausbilden.

Voraussetzungen Baugrund

Bachsperrn erfordern eine ausreichend tiefe Einbindung im Sohlbereich und im Bereich der seitlichen Einbindung (min. 1.5 m). Diese dienen zum einen als Widerlager, zum anderen soll damit die Gefahr einer Umströmung oder Unterspülung weitestgehend reduziert werden.

Weiter können Bachverbauungen aufgrund der begrenzten Nutzhöhe und den damit verbundenen erforderlichen Abständen nicht in beliebig steilen Gerinnen gebaut werden, da sonst das Risiko des Überschliessens besteht.

Schliesslich wirken sich auch Hangbewegungen in den Seiteneinhängen limitierend auf den Anwendungsbereich aus. In diesen Situationen können die eher flexiblen Holzverbauungen jedoch Vorteile gegenüber starren, schweren Beton- oder Steinkonstruktionen bieten.

Gesetze / Normen

Gesetze

- Bundesgesetz über den Wasserbau SR 721.00
- Gesetz über Gewässerunterart und Wasserbau SR 751.11

Normen

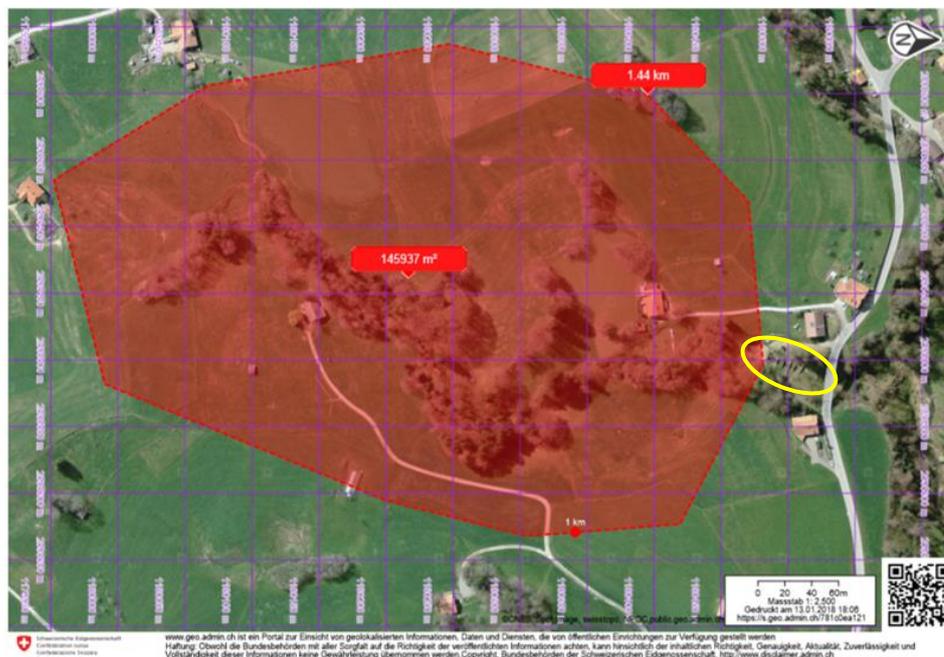
- SIA 265 Holzbau
- SIA 267 Geotechnik

Standardwerke

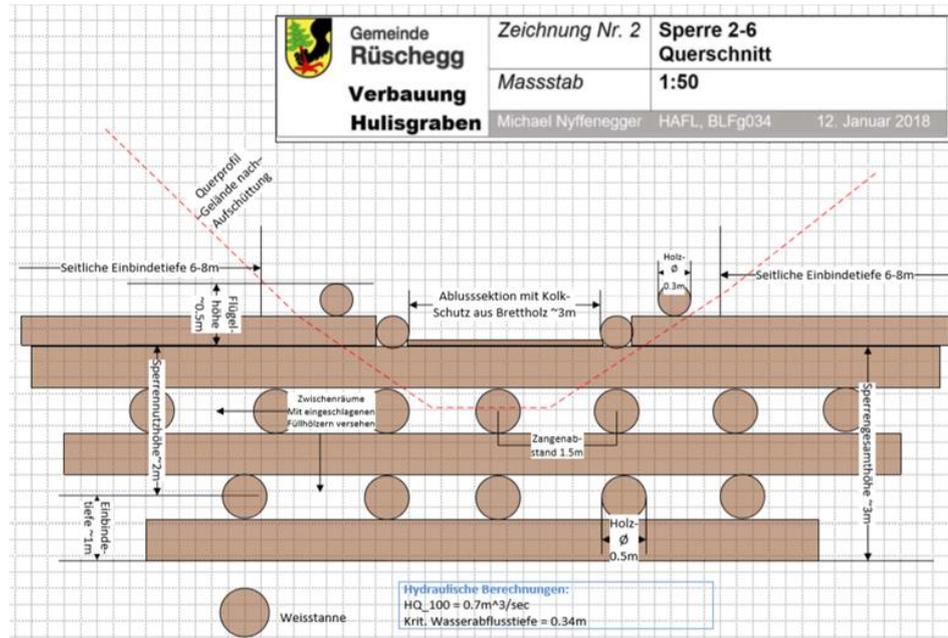
- Böll A, 1997. Wildbach und Hangverbau. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf, 123 S.
- Bergmeister K, Hübl J, Miklau F, Suda J, 2009. Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Ernst und Sohn. Berlin, 211 S.

Projektierung

Pläne / Normalien



Luftbild der Geländekammer (Hulisgraben), welche über das Verbau-Gebiet entwässert wird (rote Fläche). Gelb umkreist die Bachverbauung (Bildquelle: Swisstopo).



Systemskizze einer Bauweise des Typs «Greyerzersperre» (Aus einer studentischen Arbeit; M. Nyffenegger).

Tragwerksanalyse

Die Tragwerksanalyse behandelt die Einwirkungen auf das vorgesehene Tragwerk, dessen Geometrie und Materialien und den Baugrund, sowie die zu erwartenden Auswirkungen. Im vorliegenden Projekt wurde keine Tragwerksanalyse im eigentlichen Sinne durchgeführt, sondern basierend auf Erfahrungswerten der Bauwerkstyp «Greyerzersperre» ausgewählt, welche sich in ähnlichen Projekten bewährt hat. Hinweise darauf finden sich in der obenstehenden Skizze.

Die Geologie des Baugrundes besteht aus:

- Molasse mit Kalknagelfluh und Sandstein
- Darüber Moräne (Schutt, Kalksandstein)

Im betroffenen Baugrund befindet sich auch eine Aufschüttung mit Material aus dem Oberboden, welche zur Zeit des Baus der alten Strasse entstand. In diesem Bereich ist der Feinanteil relativ hoch und von geringer Scherfestigkeit.

Es können Einwirkungen auf den Baustoff Holz und auf das Tragwerk als gesamtes unterschieden werden. Besonders zu berücksichtigen sind:

Einwirkungen auf den Baustoff Holz

- Physikalisch: Temperatur und Feuchtigkeit
- Biologisch: Holzersetzung durch Pilze
- Mechanisch: Hydroabrasiv-Verschleiss durch fluviatilen Feststofftransport

Einwirkungen auf das Tragwerk als gesamtes

- Erddrücke
- Staudrücke allenfalls bei Verwendung von Filtergeweben. Holzbachsperrern sind ansonsten wasserdurchlässig.
- dynamische Kräfte aus dem Abfluss und allfälligem Anprall von Feststoffen

Die Auswirkungen sind Querschnittsabnahme, Festigkeitsabnahme und Spannungen in der Holzkonstruktion.

Bemessung

Im vorliegenden Projekt wurde keine eigentliche Bemessung vorgenommen (erprobte Konstruktionsweise). Sie richtete sich primär nach dem traditionell angewandten Bautyp des Ausführenden und dem Relief.

Grundsätzlich werden Bachsperrern hydraulisch (d.h. im Hinblick auf die Gerinnedynamik) und in wenigen Fällen auf die äussere Tragsicherheit bemessen. Die hydraulische Bemessung wurde im Nachhinein durch den Verfasser nachvollzogen.



Das Gerinne ist ganzjährig wasserführend. Das Bemessungshochwasser mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren bemisst sich für die vorliegende Geländekammer mit einer Grösse von 0.15 ha auf rund 1 m³/s. Zu erwähnen ist, dass die Abflussabschätzung in kleinen Einzugsgebieten mit hohen Unsicherheiten behaftet ist.

Hydraulische Bemessung: Die Sperren-Nutzhöhe richtete sich in erster Linie nach dem Geländeprofil. Ein kritisches Sohlgefälle wurde nicht definiert. Für den Sperrenabstand wurde die Kolklänge nicht berücksichtigt, da es aufgrund der Bauweise (durchgehende Dielen) auch keinen Kolk geben wird. Hingegen hat man darauf geachtet, den Sperrenabstand länger als die doppelte Nutzhöhe zu gestalten. Insgesamt wurden 6 Sperren im Vollverbau erstellt.

Parameter	Bemessungswert	
Nutzhöhe	2 m	(bei Sperren 2-6; 1 m bei Sperre 1)
Abflussektionsbreite	3 m	-
Flügelhöhe	0.5-0.6 m	(Höhe von zwei Rundhölzern)
Abflusskapazität	3 m ³ /s	-
Abflusshöhe	0.35 m	< 2/3 Flügelhöhe (nach Poleni)

Die Breite des Verlandungsraums beträgt aufgrund der Bauweise (Vollverbau und Leitwerke) auf der gesamten Länge bis zur Überfallkante rund 3 m. Die Wasserabflusskapazität liegt deutlich über dem Bemessungshochwasser. Ein vollkommener Überfall bei einem Bemessungshochwasser ist jedoch bei allen Sperren nachweisbar.

Statische Bemessung: Wie bereits erwähnt, wurde keine statische Bemessung durchgeführt. Nachfolgend für die äussere Tragsicherheit relevante Masse:

Parameter	Bemessungswert	
Einbindetiefe Sohle	~1 m	-
Seitliche Einbindetiefe	~6-8 m	(Sehr ungünstiges Böschungsmaterial)
Anzug	10:1 m	

Weitere konstruktive Massnahmen: Die Dielen für die Böden im Verlandungsraum (Brettholz) wiesen eine Dicke von 80 mm auf. Gegen das Auswaschen der Hinterfüllung wurden hinter den Ausfachungen mit Schwarten- und Prügelstücken Filtergewebe eingesetzt.

Daneben wurden folgende begleitende Massnahmen ergriffen (nicht näher dokumentiert):

- Zur Stabilisierung der neuen Uferböschungen wurden diese mit Erlen bepflanzt.
- Zur Böschungsentwässerung wird das oberflächennahe Wasser in Holzkänneln gesammelt und abgeführt.

∅ Kosten pro Einheit

In nachfolgender Tabelle ist die Nachkalkulation aufgeführt. Dabei handelt es sich um Selbstkosten, da die Arbeiten vom Betrieb selbst ausgeführt wurden.

Position	Einheit	CHF / EH	Anzahl EH	Summe inkl. MwSt.
Maschinen, Geräte und Personal				39'757.-
Baggertransport	pauschal	200.-	1	216.-
Baggerstunden 14 to	Std.	90.-	20	1'944.-
Menzi Muck	Std.	129.-	72	10'031.-
Forstschlepper	Std.	95.-	24.5	2'514.-
Abbauhammer	Liter	30.-	35	1'134.-
Motorsägen	Liter	15.-	48	778.-
Mannstunden inkl. Maschinist	Std.	65.-	356	23'140.-



Baumaterialien					18'473.-
Holz inkl. Transport	m ³	100.-	85	8'500.-	
Füllmaterial aus Holz (Schwarten)	m ³	60.-	26	1'685.-	
Sohlensicherung mit Läden	m ³	380.-	8	3'283.-	
Bollensteine	m ³	40.-	20	864.-	
Armierungseisen (Nägel, 18 mm)	m	2.-	580	1'253.-	
Geotextil	pauschal	500.-	1	540.-	
Durchlassrohrverlängerung 80 cm	m	161.-	2	348.-	
Kleinmaterial	pauschal			2000.-	
Total Kosten pro m³ verbautes Holz					685.-

Tun und Vermeiden

Empfehlungen des Ausführenden

- Ausreichende seitliche Einbindung: min. 1.5 m
- Fundamentbreite: min. 2 m
- Filtergewebe gegen Ausschwemmen der Hinterfüllung

Projektspezifische Empfehlungen

- In der Nähe von Strassen ist das Vorhandensein von Werkleitungen vorgängig zu prüfen.

Beschattung der Holzbauwerke ist förderlich für ein gleichmässig feuchtes Klima, was sich im Gegensatz zu stark wechselnder Temperatur und Feuchte erfahrungsgemäss positiv auf die Lebensdauer des Holzes auswirkt.

Mittel

Maschinen

Schreitbagger (Menzi Muck), Bagger 14 to, Forstspezialschlepper

Geräte

Kettensäge, Benzin-Handbohrgerät, Motorschlaghammer, Grabenstamper

Ausführung

Absteckung

Geländevermessung und Erstellung der Quer- und Längsprofile. Sperrenstandort –ausrichtung und Überfallhöhe werden festgelegt

Erdarbeiten

Aushubarbeiten für Planie und Foundation sowie seitliche Einbindung. Anschliessend Verfüllung des Kastens und Hinterfüllung.

Arbeitsschritte

Generell ist auch beim Typ «Greizerzsperr» die Verbaurichtung von unten nach oben.

- 1) Aushub Sperrfundament und seitliche Einbindungen
- 2) Einlegen der ersten Langhölzer
- 3) Verfüllen und Verdichten der Erdverfüllung zwischen den Langhölzern
- 4) Einlegen Zangenlage und vernageln
- 5) Zuschneiden und sauberes Einlegen der Holzausfachung (Holzspalten / Holzprügel / Schwarten). Sie sollten ca. 0.5 Meter über das vordere (talseitige) Längsholz ragen, damit man am Schluss einen sauberen Schnitt machen kann. Auch sollten Sie auf dem hinteren Langholz aufliegen.
- 6) Auflegen der nächsten Langhölzer und vernageln, so dass die Verfüllung zusammengepresst wird. Die Langhölzer müssen sauber auf den Zangen aufliegen.
- 7) In die Lücken der Verfüllung Holzkeile (ca. 1m lang, auf die ganze Länge zugespitzt) einschlagen mit dem Spalthammer (so, dass die Füllung eingepresst wird).
- 8) Verfüllen und Verdichten der Verfüllung zwischen den Langhölzern
- 9) Untere Holzfachung talseitig sauber absägen
- 10) Einlegen der nächsten Zangen
- 11) Ablauf wiederholen, bis die gewünschte Überfallhöhe erreicht wird.



12) Abschluss mit Seitenverbau und Verbindung zu oberer Sperre, wie bei normaler Bachverbauung.

Abschlussarbeiten

Begrünung: Pflanzung und Ansaat mit Erlen

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 checked="" type="checkbox"/> Waldarbeiten (SUVA-Publikation 84034) |
| <input 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

Betrieblich

Grundlage des betrieblichen Unterhaltes bilden zunächst regelmässige Werksinspektionen. Diese erfolgen in regelmässigen Zeitabständen und nach besonderen Niederschlagsereignissen. Vorteilhaft erfolgen diese im Herbst oder Winter, in laubfreiem Zustand und bei Niedrigwasser. Die Beanspruchungen im vorliegenden Bauwerk sind als relativ gering einzustufen, weshalb die Inspektions-Turni im vorliegenden Fall grundsätzlich nicht sehr eng gewählt werden müssen.

Wichtig ist das Beheben kleiner Schäden (Längsbedielung, Überfallkante, Flügel, o.ä.) direkt nach dem ersten Feststellen. So kann die Lebensdauer des gesamten Werkes mit relativ geringem Aufwand verlängert werden.

Baulich

Baulich können an einer Greyerzersperre einzelne Längsdielen im Verlandungsraum oder Holz an der Überfallkante ersetzt werden. Teilweise lassen sich auch Flügel ersetzen. Durch die zusammenhängende Bauweise ist ein allfälliger Ersatz einer einzelnen Sperre ohne unverhältnismässigen Aufwand nicht möglich. Ein Totalersatz der Treppe ist unumgänglich.

Rückbau

Ein Rückbau von Holzbachsperrern ist unüblich oder geschieht zwingend im Zuge eines Ersatzes. Im Falle eines Rückbaus dürfen die Hölzer zur Vermeidung einer Verklauung nicht im Gerinne belassen werden. Theoretisch können die Nägel rezykliert werden, was aber in der Regel wegen des grossen Aufwandes nicht gemacht wird. Problematisch sind diese dann im Bereich von Befahrung, wegen möglichen Reifenpannen. Alte Geotextilien sollten endgültig entsorgt werden.

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 (Nachfolgende Bilder wurden, sofern nicht anders gekennzeichnet, von P. Pillar (Revierförster) zur Verfügung gestellt.)



Abb. 1: In den untersten Lagen wurde auch Geäst eingebracht. Eine solche «Packung» soll das Ausschwemmen von Feinmaterial verhindern.



Abb. 2: Die Verfüllung wird wie üblich mit Aushubmaterial und Holzresten eingebaut.



Abb. 4 (oben): Die Holzscheite für die Ausfachung werden mit der Motorsäge zugeschnitten.

Abb. 3 (links): Möglichst dichte Ausfachung mit groben und feinen Holzspalten.



Abb. 6 (oben): Die Verbauung Jahre nach der Fertigstellung (Bild: M. Nyfenegger).

Abb. 5 (links): Die ersten vier fertiggestellten Sperrentreppen: Gut erkennbar die «Holzböden» aus Holzdielen als Gerinnesohle.



Abb. 7: Trotz den Holzdielen als «Sohle» hat sich das Gerinne durch die fluviatilen Feststoffe im Wasser im Laufe der Zeit eine Auflandung und damit eine Art Kolk geschaffen (Bild: M. Nyfenegger).