

System Wurzelstock-Schwellen für kleine, steile Bäche

1 Allgemein

Wurzelstock-Schwellen sind ein neuartiges, ingenieurb biologisches System zur Gerinnestabilisierung kleiner Bäche in steilen Hanglagen.

Wurzelstock-Schwellen bestehen aus Wurzelstämmen, die verschraubt auf versenkten Ankersteinen direkt nach Bau ein hochwassersicheres, hangstabilisierendes Stufen-Becken-System bilden. Die Ankersteine haben eine Doppelfunktion als Kolk-sicherung bzw. -begrenzung und als Blockriegelstruktur im Untergrund (zusätzliche Sicherheit gegen Sohlenerosion und Grundbruch). Die Lebendfaschinen im Böschungsfuss verhindern ein Umspülen der Wurzelstock-Schwellen. Langfristig werden die sich zersetzenden Wurzelstöcke durch die Wurzeln der gepflanzten Schwarzerlen ersetzt.



Abbildung 1: Ausschnitt aus Bachstrecke mit Wurzelstock-Schwellen, Risi-/ Chaltenbodenbach, Wädenswil

Das System wurde von der Emch+Berger AG Bern entwickelt [1], um an steilen, kleinen Bachgerinnen bereits nach Einbau eine hohe Gerinnestabilität erreichen zu können. Fachgerecht ausgeführte Wurzelstock-Schwellen können innerhalb der definierten Anwendungsgrenzen (s. nachfolgend) eine ökologisch vorteilhafte, naturnahe Alternative zu herkömmlichen Blocksteinrampen, Blockriegelrampen, Holzkastenverbau o.ä. darstellen.

Das neue System schafft oberirdisch einen naturnahen, holzigen Verbau, der mit der Zeit vom Lebendverbau abgelöst wird. Dadurch können unmittelbar am Bachlauf wertvolle Lebensräume für aquatische und terrestrische Arten geschaffen werden (z.B. Krebse, Wasserinsekten). Während herkömmliche Blocksteinrampen das Wasser in heissen Sommern unnötig aufheizen, können hier direkt am Niederwasser aufkommende Gehölze zusammen mit den Soden der Hochstaudenflor den Bach künftig optimal beschatten.

2 Einsatzbereich

Der Einsatzbereich der hier vorgestellten Wurzelstock-Schwellen bezieht sich auf kleine (Sohlenbreite < 1 m)¹ und steile Bäche.

Das System ist einsetzbar für **Steilstrecken bis zu maximal 30 % Neigung** (die Bachoffenlegung am Risi-/ Chaltenbodenbach in Wädenswil umfasst eine neu gebaute Steilstrecke mit 20 bis max. 30% Neigung). Ein Einsatz über diese Grenze hinaus (Gelände steiler als 30 %) wurde seitens Projektverfasser nicht untersucht und müsste in jedem Fall projektspezifisch untersucht werden (Geotechnik, Hydrologie / hydraulische Kräfte inkl. Konzentration von Oberflächenabfluss / Hangwasser im Gerinne, Geschiebe-/ Schwemmholtzodynamik usw.). Dabei ist besonderes Augenmerk auf den zu erreichenden Schutz und eine risikobasierte Betrachtung über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks zu legen. Das System kann grundsätzlich **auch in wesentlich flacherem Gefälle** zur Sohlenstabilisierung eingesetzt werden, wobei wiederum alle relevanten fallspezifischen Rahmenbedingungen zu beachten sind.

Durch den Einsatz in Steilstrecken und durch die Verwendung nicht-genormter Naturmaterialien (Wurzelstämme), können sich je nach Gefälle und verbautem Material relativ grosse, **nicht fischgängige Abstürzhöhen** ergeben. Bei einem Einsatz in sehr steilen Strecken dürfte der Anspruch auf Fischgängigkeit aber in der Regel ohnehin entfallen. In Bereichen wo die Fischgängigkeit dennoch zu gewährleisten ist, sind die Wurzelstock-Schwellen entsprechend zu genau planen und auszuführen, damit die maximal zulässigen Abstürzhöhen eingehalten werden können.

¹ Bei breiteren Gerinnen wird ein grösseres Abflussprofil (Abbildung 2) benötigt, wofür ein anderer Aufbau der Schwellen erforderlich ist. Die vorliegende Dokumentation bezieht sich entsprechend ausschliesslich auf die gezeigten Wurzelstock-Schwellen, deren Abflussprofil von zwei angrenzenden Wurzeltellern gebildet werden kann.

3 Ausführungsnormale

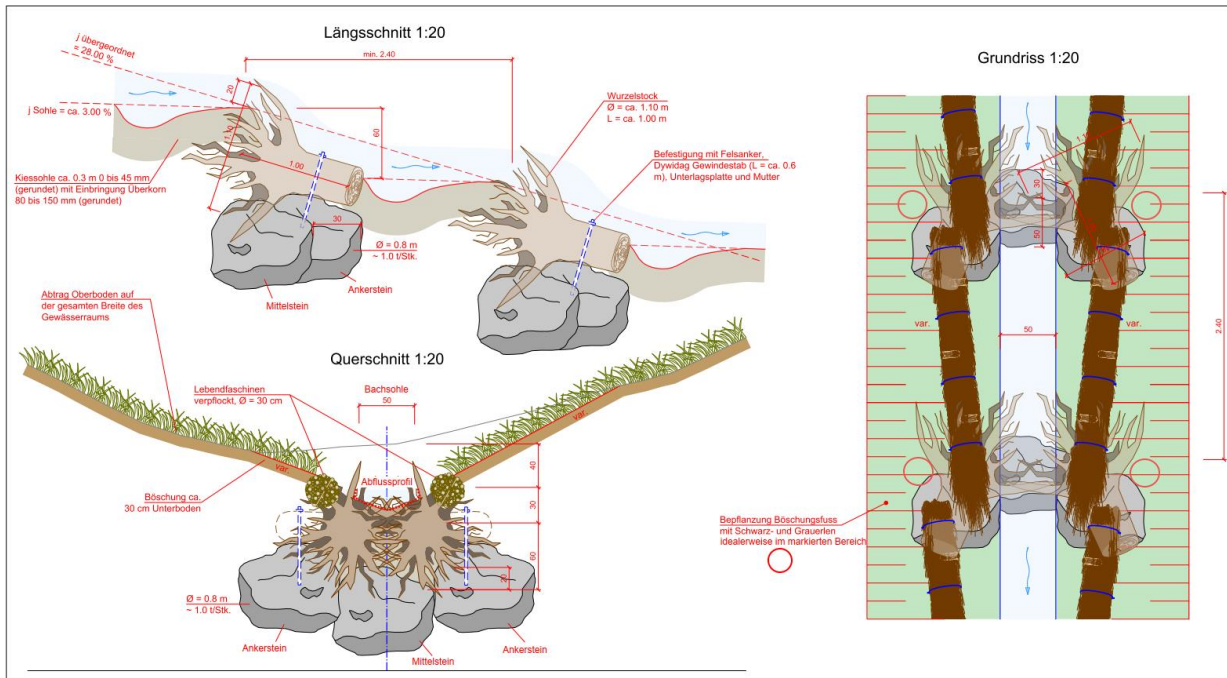


Abbildung 2: Ausführungsnormale aus Projekt Bachoffenlegung Risi-/ Chaltenbodenbach, Wädenswil [1] (© Emch+Berger AG Bern).

4 Bauteile

4.1 Wurzelsteine

Die Verbindung zwischen Wurzelstamm und Blockstein wird nachfolgend als *Wurzelstein* bezeichnet. Der Blockstein dient als Anker und wird daher nachfolgend als Ankerstein bezeichnet. Wurzelsteine stellen ein bereits in vielen Fluss- und Bachbauprojekten erfolgreich eingesetzter Totholz-Bautyp [2][3]. Für den vorliegenden Schwellentyp werden pro Schwelle zwei Wurzelsteine eingebaut.

4.1.1 Wurzelstamm

- Ein Wurzelstamm besteht aus einem Wurzelstock bzw. Wurzelteller samt einem längeren Stammanteil.
- Für die Verwendung im System «Wurzelstock-Schwellen» ist jeweils eine Stammlänge zwischen 1.0 bis 2 m erforderlich. Längere Stämme lassen sich besser in der Uferböschung einbetten und verhindern ein Umfließen des Systems.
- Die Stammdicke beträgt zwischen 0.35 bis 0.45 m
- Der Durchmesser des Wurzeltellers sollte ca. 1.5 m betragen.

4.1.2 Ankerstein, Mittelstein

- Für die Verwendung im System «Wurzelstock-Schwellen» werden pro Schwelle 2 Ankersteine und ein Mittelstein von je 1.0 – 1.5 t pro Stk verwendet.

4.1.3 Verankerung

- Der Wurzelstamm wird im Bereich des Stamms mit einem Spreizdübel und einem Gewindestab mit dem Ankerstein verschraubt
 - Gewindestabdurchmesser 20 mm
 - Spreizdübel sollte mind. 20 cm tief im Ankerstein versenkt werden

- Der Wurzelstamm wird mit einer Mutter und einer Unterlagsplatte gesichert.
- Der übriggebliebene, herausragende Gewindestab wird abgeschnitten
- Der Wurzelstein wird im Trockenen gefertigt und danach als Ganzes an die gewünschte Stelle versetzt



Abbildung 3: Spreizdübel, Unterlagsplatte und Muttern.



Abbildung 4: Ankerstein mit versenktem Spreizdübel und Gewindestab.



Abbildung 5: Erstellter Wurzelstein (Stammanteil ca. 2 m).



Abbildung 6: Versetzte Wurzelsteine (Stamm ca. 1.5 m) vor Überschüttung

4.2 Lebendfaschinen

4.2.1 Astmaterial, Gehölzart

Lebendfaschinen sind Bündel aus bzw. mit ausschlagfähigem Astmaterial.

Verwendung von **ausschlagfähigen Gehölzarten** in ausreichender Menge (mind. 30 %):

- Äste von Weidenarten (*Salix sp.*)

Neben der Gehölzart ist Folgendes wichtig für erfolgreiches Ausschlagen und Anwachsen:

- **Schnittzeitpunkt:** Ernte der Äste per Ende Winter, spätestens Frühling.
- **Einbauzeitpunkt / Zwischenlagerung:** Grundsätzlich möglichst bald nach Ernte binden und einbauen, damit sie erfolgreich ausschlagen können. Lebendfaschinen können wo notwendig auch einige Zeit unter schattigen und feuchten Bedingungen zwischengelagert werden: Sie sind dazu zwingend mit einer Plane abzudecken sowie sporadisch zu bewässern. Das völlige Austrocknen muss zwingend verhindert werden, da ausgetrocknete Äste nicht mehr ausschlagen (sind dann nur noch als Totholzfaschinen einsetzbar).

4.2.2 Dicke, Länge, Bindung

- Durchmesser Faschinen i.d.R. zwischen 0.3 m bis 0.5 m
- Länge Faschinen i.d.R. projekt-/standortspezifisch wählbar, oft zwischen 2.0 bis 4.0 m Länge

- Bindung: mind. alle 50 cm Länge eine Bindung mit unverzinktem Glühdraht².
- Die Bindung muss jeweils ausreichend eng sein (Komprimieren des Astbündels).

4.2.3 Verankerung

- Jede Faschine wird mit mind. 2 (kurze Faschinen) bzw. 4 (lange Faschinen) eingeschlagenen Holzpfehlen verankert.
- Holzart Pfähle: langlebige Holzarten wie Akazien oder einheimische Kastanie

5 Wesentliche Punkte für Planung und Ausführung

- Die vorliegende Dokumentation und die abgegebenen Normalien gelten für den hier definierten Einsatzbereich und ersetzen in keinem Fall die übliche Prüfung der lokalen Verhältnisse, Prozesse und Randbedingungen am gewählten Einbaustandort durch einen wasserbauerfahrenen Planer / Bauleiter (Geotechnik, Hydrologie / hydraulische Kräfte inkl. Konzentration von Oberflächenabfluss / Hangwasser im Gerinne, Geschiebe- / Schwemmholtzodynamik usw.). Dabei ist besonderes Augenmerk auf den zu erreichenden Schutz und eine risikobasierte Betrachtung über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks zu legen.
- Die Schwellenabstände, die Zusammensetzung und Körnung des Sohlenmaterials sowie flankierende Massnahmen zur Böschungsbegrünung und Böschungsstabilisierung sind fallspezifisch zu bestimmen. Die angegebene Blockgrösse und Verankerungstechnik sind fallspezifisch zu überprüfen.
- Die je aus zwei angrenzenden Wurzeltellern gebildeten Schwellen müssen im Hochwasserfall mittig überströmt werden, d.h. im vorgesehenen Abflussprofil (Abbildung 2). Wie die Erfahrung am Risibach [1] zeigt, ist dazu einerseits die Wahl der Wurzelteller (Ausformung, Grösse, Ineinandergreifen des linken und rechten Wurzeltellers) und andererseits die Anordnung, das Ausschlagen und Verwurzeln der zum System gehörenden Längsfaschinen entscheidend (Lebendfaschinen). Beide Komponenten müssen ein seitliches Umfliessen des genannten Abflussprofils bzw. der Schwelle verhindern.
- Die Anordnung der Ankersteine zusammen mit dem mittleren Stein muss im Untergrund kraftschlüssig erfolgen, und eine leicht «geschüsselte» Form ergeben (Gewölbewirkung), wobei der mittlere Stein so versetzt wird, dass er gleichzeitig den Schwellenkolk plafonieren kann.
- Die möglichst beidseitige Bepflanzung der Schwellen mit Schwarzerlen ggf. Grauerlen ist mittel- bis langfristig entscheidend für die Lebensdauer (Ablösen gebaute Totholzstruktur durch lebendige Wurzeln). Nach deren Etablierung können diese falls erforderlich (z.B. Wiesenbachcharakter) auch mal auf den Stock gesetzt werden. Auf die Erlenpflanzung zu verzichten ist keine Option. Deren Aufwuchserfolg ist z.B. im Rahmen einer Nachpflege sicherzustellen.
- Bei den verbauten Lebendfaschinen können nach Etablierung des Wurzelwerks die gewachsenen Weiden ab und zu auf den Stock gesetzt werden (frühestens nach der dritten Vegetationsperiode). Die Erfahrung [1] zeigt, dass bei der Verwendung von Totholzfmaschinen Feinanteile der neu gebauten Böschung eher ausgespült werden können, wodurch der Wasserfluss schlechter zentriert und das Abflussprofil (Abbildung 2) eher umflossen werden kann. Wo Lebendfaschinen nicht wie geplant ausschlagen, wird daher empfohlen, die Entwicklung des Bachs und des Wasserlaufs in der ersten Zeit nach Bau zu beobachten; ggf. müssen ausgewaschene Bereiche händisch abgedichtet/hinterstopft werden.
- Beim Einbau sind insbesondere folgende Details zu prüfen:
 - Satte Verankerung Wurzelstock mit Ankerstein: Möglichst grossflächiger Kontakt zwischen geeigneter, ebener Blocksteinseite und Wurzelstamm gewährleisten. Zwischen Ankerstein und Wurzelstamm darf kein Spiel sein, Ankerstange darf sich nicht verbiegen können.

² Anforderung AWEL, Kanton Zürich an Faschinen für Bachbaustellen

- Der kraftschlüssige Einbau der Ankersteine zusammen mit dem mittleren Stein (Gewölbewirkung) ist durch die Bauleitung *vor der Überschüttung* zu kontrollieren.
- Einbau, Verankerung, Hinterfüllung und Hinterstopfen der Längsfaschinen (Lebendfaschinen): Das zwischen den Schwellen aufgebaute Gerinne muss ein seitliches Ausschwemmen von Feinanteilen bzw. ein Umfliessen verhindern können, bis die Durchwurzelung der ausschlagenden Weiden greift.
- Einkürzen von seitlich ungünstig ins Abflussprofil ragenden Wurzeln: Nach Bau kann es sinnvoll sein, Schwellen mit zu engen Mittelsektionen händisch bzw. mittels Kettensäge zu optimieren (Achtung: nicht zu viel einschneiden).

6 Anschrift Projektverfasser

Emch+Berger AG Bern
Schlösslistrasse 23
3008 Bern

Kontakt: Niels Werdenberg (niels.werdenberg@emchberger.ch)

7 Grundlagen

- [1] Bachoffenlegung Risi-/Chaltenbodenbach, Stadt Wädenswil. Ausführungsprojekt vom 15.02.2022. Emch+Berger AG Bern.
- [2] Totholzstrukturen in der Aare Hunzigenau. Dokumentation Realisierung. Sicherung von Totholz im Abflussbereich der Aare 06. Mai 2015. Kästli Bau AG Thun.
- [3] Dokumentation Wurzelsteine für Baustellen. Arbeitsanweisung 08.09.2022. Emch+Berger AG Bern.

8 Fotos, Skizzen Pilotprojekt Risi-/Chaltenbodenbach



Abbildung 7: Musterstrecke Wurzelstock-Schwelle vor Überschüttung, Blick in Fließrichtung (Mai 2022)



Abbildung 8: Musterstrecke Wurzelstock-Schwelle vor Überschüttung, Blick gegen Fließrichtung (Mai 2022)



Abbildung 9: Begutachtung Musterstrecke Bachlauf mit zwei Wurzelstock-Schwellen vor Überschüttung (Mai 2022)



Abbildung 10: Steilstrecke mit Bachlauf und Wurzelstock-Schwellen nach Überschüttung (Juni 2022)



Abbildung 11: Ausschnitt Steilstrecke mit Wurzelstock-Schwellen im Rohzustand, ohne Wasserführung (August 2022)



Abbildung 12: Ausschnitt Steilstrecke mit Wurzelstock-Schwellen im Rohzustand, ohne Wasserführung (August 2022)



Abbildung 13: Ausschnitt fertige Steilstrecke mit Bachgerinne und Wurzelstock-Schwellen [Oktober 2022]



Abbildung 14: Steilstrecke mit Wurzelstock-Schwellen [Oktober 2022]



Steilstrecke mit Wurzelstock-Schwellen [Schlussabnahme November 2022]

SCHEMASKIZZE WURZELSTOCK-SCHWELLEN

