

Versuchsanstalt für Wasserbau
Hydrologie und Glaziologie
der Eidgenössischen
Technischen Hochschule Zürich

Mitteilungen

273

**Stufen-Becken-Tagung
24. August 2022, Zweisimmen**

Zürich, 2022

Herausgeber: Prof. Dr. Robert Boes

ETH zürich

Stufen-Becken am Steinbach: Erfahrungen aus der Praxis

Cornel Beffa

Kurzfassung

Im Winter 2012/2013 wurde im Steinbach (Bezirk Einsiedeln, Kt. SZ) die Sohle auf einer Länge von rund 350 m mittels Stufen-Becken-Abfolgen gesichert. Dieser Verbautyp für steile Gerinne bis zirka 10% wurde von R. Weichert an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich entwickelt (Weichert, 2006; Weichert *et al.*, 2007). Das Stufen-Becken-System wurde seit Fertigstellung mehrfach belastet. Ein Hochwasser im Juni 2016 hat dabei Schwachstellen der Verbauungen v.a. in der Ufersicherung aufgezeigt und Instandstellungsmassnahmen in grösserem Umfang notwendig gemacht.

1 Ausgangslage

Der Steinbach (Einzugsgebiet 3.2 km²; Bruttogefälle 19%) mündet westlich des Steinbachviadukts bei Euthal in den Sihlsee. Ein Hochwasserereignis im Juni 2007 hat neben den angrenzenden Gross- und Nidlaubach auch am Steinbach erhebliche Schäden verursacht. Beobachtet wurde die Mobilisierung von grossen Geschiebemengen und Schwemmholz im Oberlauf und Schäden an den Verbauungen im Ober- und Unterlauf. Das bestehende System von Schwellen und Sohlensicherungen war abschnittsweise massiv überlastet. Besonders betroffen war der mittels Sohlenpflasterung gesicherte Abschnitt im Hauptast (Wellchessibach). Ein Versagen der Sohlensicherung führte zu lokalen Eintiefungen bis zu mehreren Metern (Abb. 1).



Abb. 1: Zerstörungen nach dem Hochwasser 2007 (Aufnahmen August 2008).

Im Unterlauf wurde in den bestehenden Sammlern viel Geschiebe abgelagert und das Gerinne teilweise aufgefüllt. In der Folge wurde Kulturland übersart sowie Wohn- und Gewerbebauten überflutet. Laut Aussagen von Anwohnern waren die Ausmasse des Hochwassers 2007 die grössten seit mindestens 80 Jahren.

2 Bauprojekt

Zur Wiederherstellung des Sohlenschutzes wurden folgende Baumassnahmen näher untersucht:

1. Abfolge von Betonsperren (Sperrentreppe)
2. Dichte Blockbelegung (Raugerinne)
3. Aufgelöste Blockbelegung (aufgelöste, unstrukturierte Blockrampe)
4. Stufen-Becken-Abfolge (Selbststabilisierung)

Die Variante Stufen-Becken-Abfolge stellte unter den untersuchten Verbauethoden nach Abwägung aller wesentlicher Gesichtspunkte die beste Lösung dar. Das System ist sowohl hinsichtlich der Kosten als auch des Landschaftsbildes im Vorteil. Obwohl in der Praxis noch unerprobt, fiel der Entscheid auf diesen neuen Verbautyp.

2.1 Bemessung

Bei einem Bemessungsabfluss von $32 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{100}) ergibt sich bei einer anrechenbaren Sohlenbreite von 10 m ein spezifischer Abfluss von $3.2 \text{ m}^2/\text{s}$. Abb. 2 zeigt die gemäss Weichert (2006) notwendige Kornverteilung für die Stabilisierung eines Sohlengefälles von 10%.

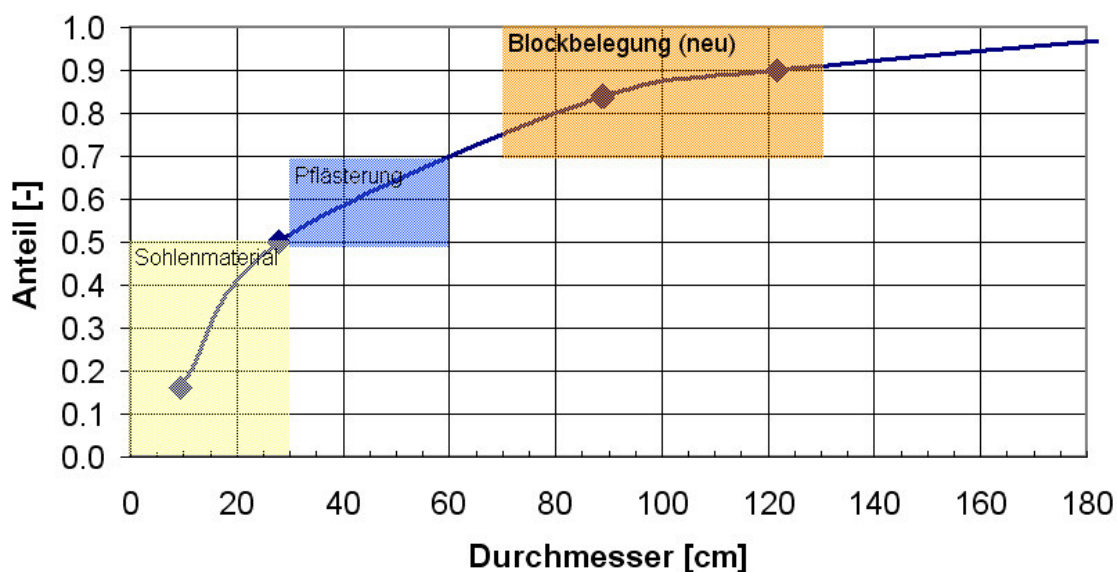


Abb. 2: Kornverteilung für eine stabile Deckschicht nach Bemessung Weichert (2006) für die Verhältnisse am Steinbach.

Das anstehende Kornmaterial deckt den Bereich bis Korndurchmesser von 30 cm ab. Die bestehende Sohlenpflasterung stellt die Fraktion von 0.3 bis 0.6 m. Die für die Bildung der Stufen wichtige Fraktion der grossen Blöcke mit Durchmesser grösser als 0.70 m muss zugeführt werden. Für die Mächtigkeit der Deckschicht wird der zweifache Wert des mittleren Korndurchmessers (D_{65}) angenommen. Bei einem Blockgewicht von 2.65 t/m^3 und einer Porosität von 30% führt dies auf eine notwendige Blockbelegung von 0.45 t/m^2 .

2.2 Ausführung

Für die praktische Ausführung wurde im Bauprojekt eine Blockbelegung von mindestens 0.45 t/m^2 empfohlen. Um der Tendenz des Abgleitens der Blöcke zu begegnen, sollte ein Mindestdurchmesser der Blöcke von 70 cm beachtet werden. Die Blöcke sollten gedrunen sein und ein Gewicht von **0.7 bis 3.0 t** aufweisen.

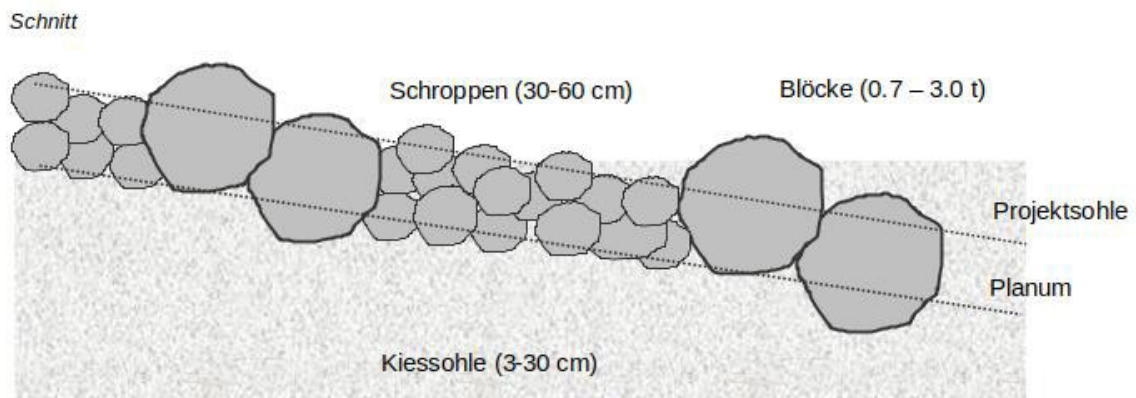


Abb. 3: Längsschnitt durch Stufen-Becken-Sequenz (Schemaskizze Ausführungsplanung).

Im Unterschied zur Versuchsanlage von Weichert (2006) wurden die Blöcke nicht in die Sohle eingemischt, sondern als zweilagige Blockstufen eingebaut und die Zwischenräume mit Schroppenmaterial aufgefüllt (Abb. 3).

Es wurden somit die Sohlenstrukturen imitiert, welche sich in den Laborversuchen von Weichert (2006) nach hydraulischen Belastungen durch Selbststabilisierung ergeben. Der Abstand der Blockstufen wurde zu 5 m gewählt, was bei einem Gefälle von 10% eine Stufenhöhe von 0.5 m ergibt.

3 Bisherige Entwicklung

Kleinere und mittlere Hochwasserabflüsse führten rasch zu der erwarteten Herausbildung der Becken-Stufen-Strukturen (Abb. 4). Nach kurzer Einschwemmphase war auch die Abdichtung der Sohle abgeschlossen.



Abb.4: Ansicht Steinbach nach Ausführung Stufen-Becken-Abfolge (Aufnahme Mai 2013).

Ein grösseres Hochwasser im Juni 2016 (geschätzte Wiederkehrperiode >30 Jahre) führte zu Schäden an den Schutzbauten. Betroffen waren primär die Ufer ohne Schutz durch massiven Blocksatz. Die Entwicklung von Sohlenformen (Bankbildung) hat das Versagen möglicherweise zusätzlich begünstigt. Ein grösserer Abtrag der Blöcke in der Sohle konnte hingegen nicht beobachtet werden. Im Rahmen der Instandstellungsmassnahmen wurde der Uferschutz mit massivem Blocksatz verstärkt und die Blockstufen – wo nötig – ergänzt (Abb. 5).



Abb. 5: Ansicht Steinbach fünf Jahre nach Instandstellung (Aufnahme Juni 2021).

4 Zusammenfassung

Am Steinbach wurden erstmalig Stufen-Becken-Sequenzen als naturnahe Massnahme zur Sohlensicherung von Gebirgsbächen erprobt. Die bisherigen Erfahrungen bestätigen im Wesentlichen die verwendeten Bemessungsgrundlagen von Weichert (2006). Aufgrund der sehr hohen Fliessgeschwindigkeiten während Hochwasser sind auch die Gerinneböschungen starken Belastungen ausgesetzt. Eine ausreichend bemessene Ufersicherung ist deshalb für die Stabilität des Gesamtsystems unerlässlich.

Fazit: Gebaute Stufen-Becken-Sequenzen zur Stabilisierung von Gebirgsbächen sind naturnah und in vielen Fällen auch wirtschaftlich interessant. Für den Gewässerunterhalt ist gute Zugänglichkeit von Vorteil. Verbesserte Bemessungsgrundlagen (Dissertation F. Maager) werden künftig eine noch effizientere Gestaltung ermöglichen.

Referenzen

Weichert, R. (2006). Bed morphology and stability of steep open channels. *VAW-Mitteilung Nr. 192*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich.

Weichert R., Bezzola G.R., Minor H.-E. (2007). Stufen-Becken-Abfolgen als sohlstabilisierende Massnahme. *Wasser Energie Luft*, Heft 2.

Adresse des Autors

Dr. Cornel Beffa (cbeffa@fluvial.ch)

Beffa Tognacca GmbH, Wasserwirtschaft & Flussbau
CH-6422 Steinen, Bahnhofstrasse 13a