

Schwemmholz in Wildbächen

von Christian Rickli, Forstingenieur ETH, Eidg. Forschungsanstalt WSL

Einleitung

Holz gehört in jedes natürliche Gewässer und übt dort wichtige ökologische Funktionen aus (z.B. Bryner und Kunz 2015). Bei Unwetterereignissen stehen diesen positiven Qualitäten jedoch erhebliche nachteilige Auswirkungen gegenüber (Abb. 1). Mit Bachunterhalt und Pflege der ufernahen Bestockung kann dazu beigetragen werden, dass weniger Probleme durch Schwemmholz entstehen. Nachfolgend sind einige Aspekte zu Holz in Wildbächen dargestellt.

Nicht selten gelangt auch Holz von Holzlagern am Bachufer in das Gewässer.

Eintrag von Holz in Bäche

Durch natürliche Alterung, Wind oder Schneelast fällt Holz entweder direkt in das Gerinne oder zuerst auf den Waldboden und gelangt dann durch Hangprozesse in den Bach. Zudem können Rutschungen, Hangmuren und Lawinen auch ganze Bäume aus steilen Einhängen bis in das Gerinne mitreissen. Der grösste Teil des Holzeintrags erfolgt während Hochwasserereignissen durch Seitenerosion und Uferabbrüche. Nicht selten gelangt auch Restholz von Holzschlägen sowie Nutzholz von Holzlagern am Bachufer in das Gewässer.

Abbildung 1: Verklausung an der Brücke des Sädelgrabe in der Gemeinde Schangnau BE (Ereignis vom 24.7.2014).



A. Heim, Geotest AG

Die gesamte potentielle Schwemmholzmenge in einem Wildbach setzt sich zusammen aus (Abb. 2):

- (1) Totholz im Bachbett
- (2) stehenden Bäumen in unmittelbarer Nähe zum Ufer
- (3) Holz aus der Bestockung der Einhänge

Bei einem Hochwasserereignis kann das im Gerinne liegende Holz leicht mitgeschwemmt werden. Dem gegenüber gelangt stehendes Holz am Ufer oder aus dem Bestand erst durch Ufererosion und Rutschungen in den Abfluss. Die Wahrscheinlichkeit, dass Holz aus diesen Bereichen bis zu einer kritischen Stelle im Bach gelangt, ist deshalb geringer.

Bei kleineren Gewässern macht das im Bachbett liegende Totholz einen erheblichen Anteil an der gesamten bei Hochwasser transportierten Schwemmholzmenge aus. Im Rahmen des Gewässerunterhaltes kann ein Teil dieses Holzes vorbeugend entfernt oder zerkleinert und damit viel zur Reduktion der Schwemmholzprobleme beigetragen werden.

Holzvorkommen in und entlang von Wildbächen

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Eidg. Forschungsanstalt WSL (Rickli und Bucher 2006) wurden in insgesamt zehn Wildbächen auf einem Abschnitt von jeweils einem Kilometer sowohl das Holzvorkommen im Bachbett erfasst (Stücke mind. 1 m lang und 10 cm dick) als auch die Uferbestockung charakterisiert:

- Totholz im Bachbett: 49 bis 113 m³
- Stückgrößen: mehrheitlich kürzer als 5 m und dünner als 25 cm
- Holzfestigkeit: 40% der Stücke fest, 30% mässig und 30% gering (d.h. lange Verweildauer im Bach)
- viel Holz in Holzstufen (Verklausungen) konzentriert

- unmittelbar am Ufer stehendes Holz: zwischen 18 und 88 m³
- Holzvorrat in Einhängen: 147 bis 627 m³/ha (meist vorratsreich aufgrund mangelhafter Erschliessung)

Schwemmholztransport

Der Transport von Schwemmholz ist abhängig vom massgebenden Verlagerungsprozess. Sind im fraglichen Bach Murgänge möglich, muss davon ausgegangen werden, dass im Ereignisfall ein sehr grosser Teil des Holzes im Bachbett und an den Ufern mitgerissen wird. Unter diesen Umständen können auch in Kleingerinnen lange Stammstücke, Wurzelstöcke oder sogar ganze Bäume über grössere Strecken transportiert werden.

Sind keine Murgänge zu erwarten, bewegt sich frei liegendes Holz sobald mit zunehmendem Abfluss das Holz frei aufschwimmt oder die Strömungskraft grösser als die Reibung an der Bachsohle wird. Dabeispielte die Rauigkeit des Bachbettes eine wesentliche Rolle. Weiter sind auch der Winkel zwischen der Fliessrichtung und Achse der Holzstückes und die Form des Holzstückes (mit oder ohne Stock und Äste) wichtig. Modellversuche für einen Wildbach (Sohlengefälle: 7%, Sohlenbreite: 7 m) ergaben folgende Abflussbedingungen für den Transportbeginn (Lange und Bezola 2006):

Stämme ohne Äste:	Abflusstiefe > 1.0 bis 1.2 * D
Stämme mit Ästen:	Abflusstiefe > 1.2 bis 1.5 * D
Stämme mit Wurzelstöcken:	Abflusstiefe > 1.7 * D

(D = Durchmesser)

Bei Geschiebeführung liegen die erforderlichen Abflusstiefen für den Transportbeginn ungefähr 20 bis 30% tiefer (Geschiebe bildet eine Art Rollenlager, zusätzliche Anprallkräfte). An Flachstellen mit breitem

Teilpotenziale	Eintragsprozesse*		Transportwahrscheinlichkeit
	während Hochwasser	zwischen Hochwasser	
Totholz im Bachbett ①	-	-	+++
Uferbestockung ②	U (R, H)	W, S (U)	++
Bestockung Einhänge ③	R, H	R, H, L, W	+

*Eintragsprozesse:

U = Ufererosion
R = Rutschung
H = Hangmuren
W = Wind
S = Schneedruck
L = Lawinen

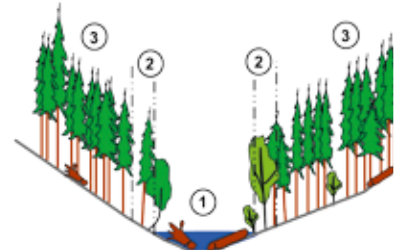


Abbildung 2: Teilpotenziale Schwemmholz (Bachbett, Ufer, Einhänge) und massgebende Eintragsprozesse. Bei einem Unwetter weisen Holzstücke aus den verschiedenen Teilpotenzialen unterschiedlich hohe Wahrscheinlichkeiten (+ klein, ++ mittel, +++ hoch) für den Transport im Gerinne bis zu einer kritischen Stelle auf.

Abflussquerschnitt wird Schwemmholz bevorzugt abgelagert.

Die aus diesen Versuchen abgeleiteten Beziehungen sind für Wildbäche mit grosser Sohlenrauigkeit nur eingeschränkt anwendbar, da dort oft eine Verkeilung des Holzes auftritt. Zudem nimmt in kleineren Gewässern das Verhältnis zwischen Stücklänge und Sohlenbreite zu und damit die Wahrscheinlichkeit, dass nicht das gesamte Stück in der Strömung liegt.

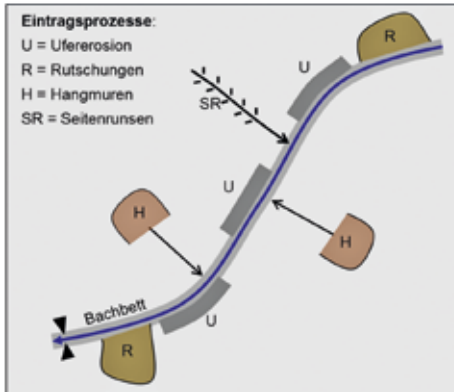
Wahrscheinlichkeit einer Verklauung

Zu einer Gefahrenbeurteilung eines Baches gehört neben der Analyse der Totholzsituation und der Transportkapazität auch die Beurteilung der Wahrscheinlichkeit einer Verklauung z.B. bei einer Brücke. Versuche an der VAW (Bezzola et al. 2002) ergaben:

- je länger ein Holzstück im Verhältnis zur Sohlenbreite ist, umso grösser wird die Wahrscheinlichkeit einer Verklauung
- damit keine Verklauung eintritt, sollte die lichte Höhe unter der Brücke mindestens dem 1.7-fachen Durchmesser der zu erwartenden Wurzelstöcke entsprechen

1) Rahmen

- Identifikation Schwachstellen
- relevante Bachabschnitte
- massgebender Verlagerungsprozess



2) Potential relevante Bachabschnitte

- Totholz im Bachbett
- Identifikation Eintragsprozesse für das spezifische Ereignis
- Holz aus Eintragsprozessen:
Fläche (m²) * Vorrat (m³/m²)
Abschätzung Anteil bis ins Gerinne
(z.B. H: 50%, R: 70%, U: 90%)

3) Abschätzung Mobilisierungsgrad

Abhängig von Geschiebeführung, z.B. bei wenig Geschiebe: 40%, für starke Geschiebeführung: 60%, bei Murgang: 80%.
In Kleingerinnen geringere Mobilisierung für Geschiebe führende Abflüsse.

Abbildung 3: Mögliches Vorgehen zur Abschätzung der zu erwartenden Schwemmholzmenge in einem Wildbach aufgrund von Geländebeurteilungen.

- die Wahrscheinlichkeit einer Verklauung ist bei konzentriertem Holzanfall grösser als beim Transport von einzelnen Stücken

Abschätzung der transportierten Schwemmholzmenge

Grundlagen für eine Abschätzung der bei einem Hochwasser transportierten Holzmenge sind:

- (1) bisherige Ereignisse und Erfahrungen im betreffenden Einzugsgebiet
- (2) Schätzformeln (z.B. in Rickenmann 1997)
- (3) detaillierte Untersuchungen und Erhebungen im Einzugsgebiet

Schätzformeln sind in der Regel mit einer grossen Unsicherheit behaftet. Für besser abgestützte Werte sind deshalb Erhebungen in den entsprechenden Einzugsgebieten vorzunehmen. Diese umfassen insbesondere (siehe Abb. 3):

- Abschätzung der Holzmenge im Bachbett
- Beurteilung der möglichen Eintragsprozesse und des Weitertransportes im Gerinne

Wichtig sind dabei insbesondere folgende Fragen: (i) in welchen Bereichen muss beim Bemessungsereignis mit Ufererosion und

Rutschungen gerechnet werden? (ii) Wo können Hangmuren entstehen? (iii) Sind die Hänge steil genug, damit das Holz zusammen mit dem Bodenmaterial bis in das Gerinne gelangen kann?

Der Holzeintrag wird abgeschätzt, indem die betroffenen Flächen mit dem entsprechenden Holzvorrat multipliziert werden. Für jeden Eintragsprozess kann/soll zudem beurteilt werden, zu welchem Anteil das eingetragene Holz im Bach bis zu einem kritischen Querprofil weitertransportiert wird. Alle Beurteilungen sollten nach Möglichkeit nachvollziehbar kartiert und aufgezeichnet werden.

Massnahmen

Aus Sicht des Gesetzgebers ist der Schutz vor Hochwasser in erster Linie mit (raum-)planerischen Massnahmen, Unterhalt der Gerinne und mittels Schutzwaldpflege zu erreichen. Erst in zweiter Priorität sind technische Massnahmen vorzusehen (Art. 15 Wasserbaugesetz, WBG).

Unterhalt: Im Rahmen von Begehungen z.B. im Frühjahr und nach grösseren Hochwasserereignissen sollte die Totholzsituation in

Beurteilungen sollten nach Möglichkeit nachvollziehbar kartiert und aufgezeichnet werden.

den Gerinnen neu beurteilt werden. Darauf abgestützt werden die Unterhaltsmassnahmen geplant. Diese umfasse insbesondere das Entfernen von Holz aus dem Gerinne (notfalls Zersägen auf ungefährliche Längen) sowie das Entfernen von instabilen Uferbäumen.

Pflege: Der Eintrag von Holz in den Bachlauf kann mit Pflegeeingriffen in der Bestockung der Einhänge reduziert werden. Dadurch soll einerseits eine nachhaltige Wirkung des Waldes gegen Erosion, Rutschungen und Hangmuren gewährleistet und andererseits die Vitalität und Verbesserung der Stabilität gegenüber Wind, Schnee und Borkenkäfer gefördert werden. Die Pflegemassnahmen richten sich nach den Grundsätzen in «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» NaiS (Frehner et al. 2005). Die Ergebnisse der erwähnten Untersuchung in zehn Wildbächen (Rickli und Bucher 2006) weisen darauf hin, dass bei grösserer Bestandesstabilität weniger Holz in die Gerinne eingetragen wird und für kommende Ereignisse im Abflussbereich bereit liegt. Im Gegensatz dazu war aus der Untersuchung kein wesentlicher Einfluss von Eigenschaften wie Vorrat, Laubholzanteil und Bestandesstruktur auf die Totholzmenge im Bach erkennbar.

Die Art der Massnahmen und der zu bearbeitende Bereich richten sich nach den

massgebenden Eintragsprozessen und den lokalen Geländeverhältnissen (*Tabelle 1*). Aus Sicht der Schwemmholzproblematik sind nur dort Pflegeeingriffe in den (meist schlecht erschlossenen) Bacheinhängen notwendig, wo Holz z.B. durch Ufererosion und Rutschungen bis in den Bach eingetragen werden kann. Zu forstlichen Massnahmen im unmittelbaren Gerinnebereich wurden einige Grundlagen und Handlungsanleitungen erarbeitet (z.B. Covi 2008, Schwitter und Bucher 2009).

Dringlichkeit von Unterhalts- und Pflegemassnahmen

Massnahmen zur Verringerung des Holzpotentials und des Schwemmholztransportes sind nur dort nötig, wo einerseits Schwachstellen im Gerinne (z.B. Durchlässe, Brücken) und erhebliches Schadenpotential vorhanden sind und andererseits bei Extremereignissen viel Schwemmholz bis zu den entsprechenden kritischen Stellen transportiert werden kann. In *Abbildung 4* sind einige Aspekte dargestellt bezüglich der Fragen, ob und wie dringlich Massnahmen zu ergreifen sind.

Das Entfernen bzw. notfalls Zersägen von Totholz sowie das Entfernen instabiler Uferbäume wirken sich unmittelbar auf die Schwemmholzsituation in und entlang des Gerinnes aus. Mit diesen Massnahmen kann die Gefahrensituation für das nächste

Aus Sicht der Schwemmholzproblematik sind nur dort Pflegeeingriffe notwendig, wo Holz z.B. durch Ufererosion und Rutschungen bis in den Bach eingetragen werden kann.

Tabelle 1: Unterhalts- und Pflegemassnahmen sowie Bearbeitungsbereiche unter Berücksichtigung der Mobilisierungs- und Eintragsprozesse.

Mobilisierung, Eintragsprozess	Massnahmen / Zielsetzung	zu bearbeitender Bereich
Totholz im Gerinne	Holz aus dem Gerinne entfernen, evtl. zersägen	Hochwasser-Abflussbereich; wo Holztransport möglich ist
Ufererosion	instabile Bäume entfernen	Uferbereich; wo Erosion und Rutschungen zu erwarten sind
Rutschungen, Hangmuren	insbesondere: tief wurzelnde Baumarten fördern, Stabilitätspflege, Verjüngung fördern/einleiten, keine Lücken (gemäss NaiS)	Einhänge; in Abhängigkeit der möglichen Entstehungsorte und der Reichweiten der Hangmuren
Windwurf, Schneedruck	insbesondere: widerstandskräftige Baumarten / Vitalität fördern, Stabilitätspflege (gemäss NaiS)	Uferbereich bis ca. eine Baumlänge, in sehr steilen Hängen mehr
Lawinen	Stabilitätspflege, keine Lücken (gemäss NaiS)	Anrissbereich

zu beurteilen:

Holzpotential	• Totholz im Bachbett ①
	• Bestockung Ufer ②
	• Bestockung Einhänge ③
	• Eintragsprozesse und -rate
	• Holz: Art, Festigkeit, Dimension
Transport	• Abluss, Prozess
	• Verhältnis Stücklänge zu Bachbreite
	• Gerinnemorphologie (Rauigkeit, Engstellen, Flachstellen etc.)
	• Hinweise auf Schwemmholztransport
Schwachstellen	• reduzierte Abflusskapazität
	• Bauwerke (Durchlasse, Brücken, Wehre)
Schadenpotential	• Art und Menge: Sachwerte, Infrastruktur und Menschenleben
	• abhängig von Wirkungsbereich und Intensität des Gerinneausbruchs

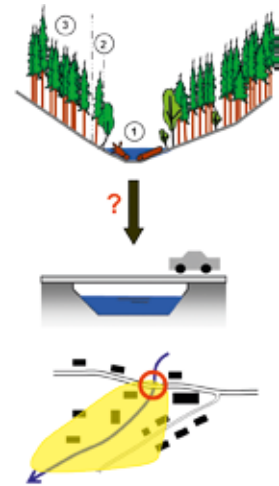


Abbildung 4: Zu beurteilende Aspekte bei der Festlegung der Dringlichkeit von Massnahmen.

zu erwartende Unwetterereignis bereits erheblich verbessert werden; sie sind in einem kritischen Fall in erster Priorität zu ergreifen. Demgegenüber kann mit Pflegeeingriffen in der ufernahen Bestockung der Eintrag von Holz auch langfristige und nachhaltig reduziert werden. Allgemein muss jedoch betont werden, dass Schwemmholztransport bei Hochwasserereignissen trotz der erwähnten Massnahmen nie vollständig ausgeschlossen werden kann.

Literatur

- Bryner, A., Kunz, St., 2015: Holzreiche Waldbäche sind wichtige ökologische Reservoirs. Zürcher Wald 2/2015: 21-24.
- Bezzola, G.R., Gantenbein, S., Hollenstein, R., Minor, H.-E., 2002: Verklausung von Brückenquerschnitten. Proc. Int. Symp. Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau: 87-97.
- Covi, S., 2008: Nachhaltiger Schutz entlang von Fliessgewässern. Schweiz. Z. Forstwes. 159/7: 198-204.
- Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit besonderer Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Lange, D., Bezzola, G.R., 2006: Schwemmholz: Probleme und Lösungsansätze. Mitteilung Nr. 188, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. 125 S.

Rickenmann, D., 1997: Schwemmholz und Hochwasser. wasser, energie, luft 89 (5/6), 115-119.

Rickli, C., Bucher, H.U., 2006: Einfluss ufernaher Bestockungen auf das Schwemmholzvorkommen in Wildbächen. Projektbericht zuhanden des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Eidg. Forschungsanstalt WSL. 94 S. (<http://www.wsl.ch/forschung/forschungsprojekte/schwemmholzvorkommen/>)

Schwitter, R. und Bucher, H., 2009: Hochwasser: Schützt der Wald oder verstärkt er die Schäden? Wald und Holz 6/09: 31-34.

Dieser Artikel ist eine überarbeitete und gekürzte Fassung eines Beitrages in den Kursunterlagen zum Kurs «Wildbacheinzugsgebiete» der Fachleute Naturgefahren 1999 in Stans.

Kontakt:

Christian Rickli, Gebirgshydrologie und Massenbewegungen, Eidg. Forschungsanstalt WSL, christian.rickli@wsl.ch