Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 93 (2001)
Heft: 9-10

Artikel: Schwemmholz : Rückhalt oder Weiterleitung?
Autor: Bezzola, Gian Reto
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939917

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schwemmholz – Rückhalt oder Weiterleitung?

■ Gian Reto Bezzola

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Studie zur Schwemmholzproblematik untersucht die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) verschiedene Massnahmen zum Rückhalt und zur schadlosen Weiterleitung von Schwemmholz. Die Arbeit umfasst eine Reihe von Fallstudien, für die mit Hilfe von hydraulischen Modellversuchen Lösungen für konkrete Problemstellungen erarbeitet werden. In weiterführenden Versuchen sollen anschliessend, ausgehend von diesen Fallstudien, allgemein gültige Lösungsansätze abgeleitet werden.

Der vorliegende Artikel gibt eine Übersicht der wichtigsten Erkenntnisse aus den bisher bearbeiteten Fallstudien. Dabei wird – entsprechend den bisher behandelten Fragestellungen – den Massnahmen zum Schwemmholzrückhalt am meisten Platz eingeräumt.

1. Einleitung

Bei Hochwasser treten grössere Schwemmholzmengen häufig in Kombination mit grossen Geschiebemengen auf. Deshalb wurde die Schwemmholzproblematik oft nur am Rande im Zusammenhang mit Fragen des Geschiebetransports und -rückhalts behandelt. Dabei stand primär der vollständige Rückhalt von Geschiebe und Holz im Vordergrund.

Wie Hochwasserereignisse der jüngeren Vergangenheit zeigen, sind Bauwerke, die sich für den Geschieberückhalt bewährt haben, nur bedingt auch für einen wirkungsvollen Rückhalt des Schwemmholzes geeignet. Deshalb besteht die Notwendigkeit, verbesserte Massnahmen für den kombinierten Geschiebe- und Holzrückhalt zu entwickeln.

Oft ist jedoch der zur Verfügung stehende Rückhalteraum begrenzt oder ein vollständiger Geschieberückhalt gar nicht erwünscht. In diesem Fall stellt sich die bedeutend schwierigere Aufgabe, das Holz zurückzuhalten, gleichzeitig aber die Geschiebedurchgängigkeit ganz oder zumindest teilweise zu ermöglichen.

Sind die Platzverhältnisse für einen Rückhalt noch stärker eingeschränkt, so muss angestrebt werden, nur noch diejenigen Teile des Schwemmholzes zurückzuhalten, die weiter flussabwärts auch tatsächlich zu Problemen führen können – das Schwemmholz soll also selektiv zurückgehalten werden.

Der Gefährdung durch Schwemmholz kann jedoch nicht nur mit Rückhaltemassnahmen begegnet werden. Die Reduktion des Schwemmholzaufkommens, die Entschärfung von Engstellen und Massnahmen zur schadlosen Weiterleitung stellen ebenso wichtige Lösungsansätze dar (Hartlieb und Bezzola, 2000).

2. Schwemmholzmenge und -zusammensetzung

Eine Schwierigkeit bei der Gefahrenbeurteilung und bei der Planung von Massnahmen stellt die Abschätzung der Schwemmholzmenge dar. Empirische Formeln auf der Basis einfach zu bestimmender Einzugsgebietsparameter finden sich zum Beispiel in Rickenmann (1997). Es ist jedoch wichtig, nicht nur die Schwemmholzmenge zu kennen, sondern auch die Zusammensetzung des Holzes. Letztere ist massgeblich auch von der Transportdistanz und dem Charakter des Gewässers abhängig; Holz kann zum Beispiel während seines Transports in einem Wildbach mechanisch stark beansprucht und dabei entastet und zerkleinert werden (Zollinger, 1983).

Die *Menge* des Schwemmholzes ist massgebend für das Ausmass einer Verklausung oder, im Fall eines Rückhalts, für das erforderliche Rückhaltevolumen. Die *Zusammensetzung* des Schwemmholzes – primär die Anzahl, Abmessung und Form der gröbsten Komponenten – ist ein entscheidender Faktor dafür, ob es überhaupt zu einer Verklausung kommt.

3. Transport- und Verklausungsmechanismen

Das Verhalten des Schwemmholzes wird einerseits durch seine Abmessung und Form bestimmt, andererseits haben aber auch die hydraulischen Bedingungen und damit die Gerinnegeometrie einen massgebenden Einfluss auf den Transport- und Ablagerungsvorgang.

Bei grösseren Wassertiefen und hohen Wassergeschwindigkeiten sind *glatte Stämme* in Fliessrichtung ausgerichtet. Auf Grund der horizontalen Geschwindigkeitsverteilung werden die Stämme bei gestreckter Linienführung vorwiegend in Gerinnemitte transportiert. Krümmungen und Vorsprünge können dazu führen, dass ein Stamm mit dem Ufer in Berührung kommt und eine horizontale Drehbewegung ausführt. Bei *verästelten Stämmen* sind Drehbewegungen durch den Kontakt der Astfortsätze mit der Sohle auch im gestreckten Gerinne möglich. Infolge der horizontalen Drehbewegung kann sich ein Stamm an einer Engstelle verfangen, wenn seine Länge grösser ist als die lichte Breite des Querschnitts.

Sperrige Objekte wie Wurzelstöcke schwimmen wegen ihrer in allen Richtungen grossen Abmessung nur bei sehr grossen Wassertiefen. Ansonsten stossen sie an der Sohle oder den Ufern immer wieder an und bewegen sich dadurch rollend.

Ein Absturz, Wassersprung oder ein stark welliger Wasserspiegel können dazu führen, dass Stämme auch räumliche Bewegungen ausführen. Dabei kann das Ende eines Stammes um ein beträchtliches Mass über den Wasserspiegel angehoben werden, wodurch sich die Gefahr des Verhängens bei einem gerinnequerenden Hindernis erhöht.

Für den Riemenstaldnerbach in Sisikon UR wurden die Verklausungsmechanismen an den über den Bach führenden Brücken im hydraulischen Modell systematisch untersucht. Der Riemenstaldnerbach fliesst in einer Bachschale mit einem Längsgefälle von 7% bis 9% durch Sisikon. Die lichten Höhen unter den Brücken betragen zwischen 2,8 und 3,2 m.

Im Fall ungestörter hydraulischer Verhältnisse, das heisst für durchgehend schiessenden Abfluss, wird eine Verklausung in der Regel durch das Verkeilen eines sperrigen Elements (Wurzelstock) ausgelöst.

Die Simulation von Zuständen mit einem durch Geschiebeablagerungen in der Bachschale provozierten Wassersprung bei oder vor einer Brücke zeigte, dass in solchen Fällen auch ein Holzstamm eine Verklausung einleiten kann, wenn er als Folge des Wassersprungs räumliche Bewegungen vollführt.

Weiter konnte beobachtet werden, dass es bei einer stossweisen Zufuhr von Holz nur dann zu einer Verklausung kommt, wenn im zugeführten Schwemmholzpaket

ein Wurzelstock oder Stamm enthalten ist, der sich auch als einzeln antransportiertes Element im Querschnitt unter der Brücke verfangen hätte.

4. Klassische Lösungsansätze

4.1 Balkensperren

Abschlussbauwerke von Geschiebesammlern werden oft als Schlitzsperren ausgebildet, wobei die Öffnung durch einen Rost oder eine der Mauer vorgelagerte Rechenkonstruktion abgedeckt ist. Damit sollen gröberes Geschiebematerial und Holz zurückgehalten werden. Üblicherweise besteht der in die Mauer integrierte Rost aus horizontalen Balken, die nach einem Ereignis entfernt werden können, um eine selbsttätige Räumung zu fördern. Ein typisches Beispiel für eine derartige *Balkensperre* zeigt Bild 1.

Während des Unwetters von 1997 in Sachseln OW wurden die Grenzen von Balkensperren als Massnahme für den kombinierten Geschiebe- und Holzrückhalt klar aufgezeigt.

Die Beobachtungen während des Ereignisses (BWW, 1998) sowie anschliessend durchgeführte Modellversuche zeigten, dass der Balkenrost relativ rasch durch Holz verlegt wurde. Dadurch begann sich das Wasser im Sammler aufzustauen, und es bildete sich ein See, in dem das Holz zunächst aufschwamm und in dem sich das Geschiebe deltaförmig abzulagern begann. Da die Verlegung des Schlitzes genügend dicht beziehungsweise der Zufluss entsprechend gross waren, wurde über längere Zeit ein Zustand erreicht, bei dem die über die Überfallsektion des Abschlussbauwerks entlastete Wassermenge ausreichend war, um das Holz ins Unterwasser abzuschwemmen.

4.2 Sortierwerk

In Österreich wird bereits seit einigen Jahrzehnten mit unterschiedlichen Rechenformen an Rückhaltebauwerken experimentiert (Gotthalmseder, 1998). Eine Lösung, die mit gewissem Erfolg auch den Rückhalt grösserer Holzmengen in einem Geschiebesammler gestattet, stellt das *Sortierwerk* dar (Bitterlich, 1998). Bei diesem ist die Rechenkonstruktion der weiten Öffnung im Abschlussbauwerk vorgelagert, wobei die Rechenkonstruktion aus drei unterschiedlich geneigten Ebenen besteht. In Fliessrichtung gesehen folgen sich ein auf der Höhe der Sammlersohle angeordnetes horizontales Rechenfeld sowie zwei weitere Felder mit jeweils steilerer Neigung (Bild 2).

Im eingestauten Zustand sammelt sich das Holz am steil geneigten Teil des Rechens, und ein wesentlicher Teil des Abflusses erfolgt durch das horizontale Rechenfeld. Dadurch kann vermieden werden, dass eine grössere Abflussmenge über die Überfallsektion entlastet und so Holz ins Unterwasser abgeschwemmt wird.

Um diese Funktionsweise zu gewährleisten, muss der horizontale Teil des Rechens frei bleiben. Deshalb darf das Längsgefälle im Sammler nicht zu gross sein, damit das horizontale Rechenfeld vor der Bildung eines Rückstaus nicht durch Grobgeschiebe eingeschüttet wird. Ausserdem darf die Strömung durch das horizontale Rechenfeld auch nicht so stark sein, dass aufschwimmendes Holz nach unten gesogen wird und zu einer Verlegung führt.

Dass diese Bedingungen nur teilweise einzuhalten sind, zeigen die Erfahrungen mit bestehenden Sortierwerken in Österreich (Gotthalmseder, 1998). So wurde zum Beispiel beim Abklingen der Hochwasserwelle ein Verschluss der Abflussöffnung durch Herabsinken des zurückgehaltenen Holzes beobachtet.

5. Neuere Lösungsansätze

Durch verschiedene Schadenereignisse (z.B. 1990 am Lainbach in Oberbayern und an der Gürbe oder 1997 in Sachseln) hat das Schwemmholzproblem in jüngerer Zeit an Aktualität gewonnen. Gleichzeitig haben diese Ereignisse aber auch Impulse für die Entwicklung neuer Lösungen gegeben.

5.1 Treibholzfang und Schwemmholznetz

Eine neue Entwicklung stellt der an der Versuchsanstalt Obernach entwickelte V-förmige Treibholzfang dar (Knauss, 1995). Mit diesem Bauwerk wird das Schwemmholz im Gerinne zurückgehalten.

Durch das im V-förmigen Rechen aufgefangene Holz entsteht ein Rückstau, der die Ablagerung von Geschiebe fördert. Dies kann bei entsprechender Anordnung zur räumlichen Trennung des Holzes und des Geschiebes genutzt werden. Gute Beispiele für Treibholzfänge, bei welchen diese Funktionsweise angestrebt wird, finden sich am Arzbach in Oberbayern (Knauss, 1995) und am Chämptnerbach bei Wetzikon (Hochstrasser, 1997).

Der Treibholzfang am Lainbach (Oberbayern) ist mit einer glatt gepflästerten Sohle im Bereich des Rechens so ausgelegt, dass unter dem als langgezogenem Teppich angesammelten Holz eine gewisse Durchgängigkeit für Kies und Sand vorhanden ist (Knauss, 1995). Dies bedingt jedoch eine gewisse Wassertiefe, damit der Holzteppich aufschwimmt und nicht auf der Sohle aufliegt.

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der VAW wurde der V-förmige Treibholzfang in Rinnenversuchen im Bereich steilerer Gefälle bis 15 % untersucht (Zahno, 2000). Für eine gegebene Kombination von Abfluss und Holzzufuhr nimmt bei grösserem Gefälle die Rückhaltewirkung tendenziell leicht ab, ist aber grundsätzlich noch immer gegeben. Durch den Impuls der Strömung wird das Holz am Fang stark zusammengeschoben. In der Holzansammlung resultiert zudem eine stark nach abwärts gerichtete Strömung. Dadurch wird das Holz auch im Bereich der Sohle an den Fang gepresst. Ist der Fang ein-

Bild 1. Balkensperre als Abschlussbauwerk des Geschiebesammlers am Sigetsbach in Sachseln OW.

Bild 2. Sortierwerk am Palanggenbach ob Seedorf UR.

mal in dieser Art verlegt, so wird der Geschiebedurchgang praktisch vollständig unterbunden, der Treibholzfang wird zur Geschieberückhaltesperre.

Eine wirtschaftlich interessante Massnahme stellen Schwemmholznetze dar. Auch mit dieser Lösung wird eine Trennung von Holz und Geschiebe angestrebt (Zollinger, 1983). Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass mit Netzen das Holz wirkungsvoll zurückgehalten werden kann, die beabsichtigte Trennung von Holz und Geschiebe jedoch nicht stattfindet (Loipersberger, 1998; Hartlieb und Bezzola, 2000).

5.2 Holzrückhalt in Geschiebesammlern – Rechenkonstruktionen

Anlass für die systematische Untersuchung der Möglichkeiten zur Verbesserung des Holzrückhalts in bestehenden Geschiebesammlern war das Hochwasserereignis von 1997 in Sachseln. Für den besonders stark vom Hochwasser betroffenen Dorfbach wurde ein dem Abschlussbauwerk vorgelagerter trapezförmiger Rechen mit Hilfe von hydraulischen Modellversuchen geprüft und optimiert (Hartlieb und Bezzola, 2000).

5.2.1 Modellversuche im generalisierten Geschiebesammler

Für die Geschiebesammler am Totenbüelbach, am Edisriederbach und am Spisbach wurden mit Hilfe von Versuchen in einem generalisierten hydraulischen Modell Lösungen für einen wirkungsvollen Holzrückhalt untersucht.

In den Versuchen wurden zwei Arten von Hochwasserereignissen simuliert:

- ein als *Grenzlastfall* bezeichnetes Ereignis mit einem Spitzenabfluss von 35 m^3/s und einer Geschiebefracht von knapp 18000 m^3, bei dem der Sammler gerade gefüllt wird, und
- ein *Überlastfall* mit rund 45 % grösserer Wasser- und Geschiebefracht.

Die in den Versuchen betrachteten Holzmengen variierten zwischen 250 und 750 m^3 (Festmeter). Die Zusammensetzung des Holzes orientierte sich an der Analyse des in Sachseln nach dem Unwetter geräumten Holzes. Die maximale in Natur beobachtete Stammlänge betrug rund 7 m.

Bild 3 zeigt schematisch die untersuchten Rechenkonstruktionen. Sie lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

- grossflächige Rechenkonstruktionen, die das gesamte Abschlussbauwerk abdecken,
- kleinflächigere Rechenkonstruktionen, die den zentralen Teil des Abschlussbauwerks abdecken.

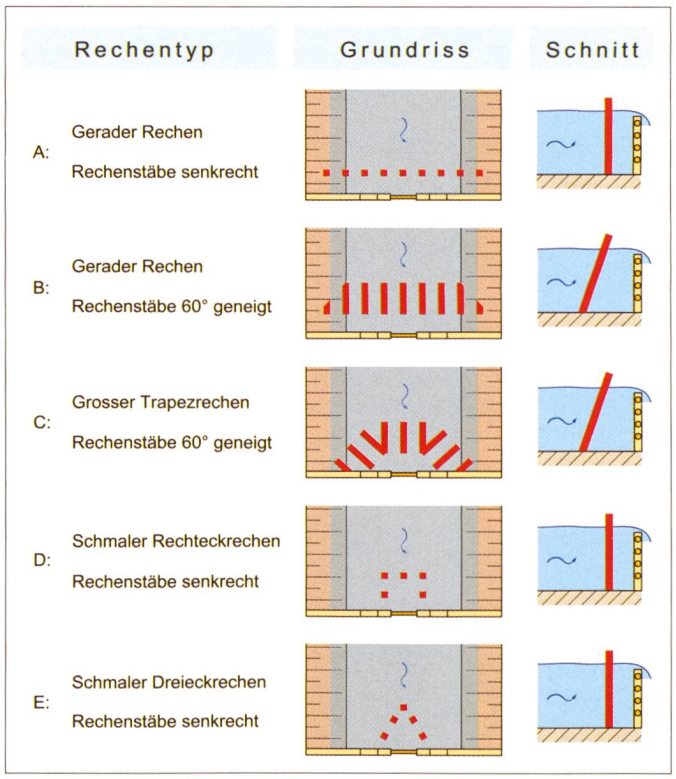


Bild 3. Im hydraulischen Modell des generalisierten Geschiebesammlers untersuchte Rechentypen.

Für einzelne Rechenformen wurde auch der Einfluss einer unterschiedlichen Neigung der Rechenstäbe untersucht (90° beziehungsweise 60° gegenüber der Horizontalen). Der Stababstand wurde nicht variiert, da sich in den Modellversuchen zum Holzrechen im Geschiebesammler am Dorfbach Sachseln ein lichter Stababstand von 1,7 m als vorteilhaft erwiesen hatte.

Als weiterer Parameter wurde der Einstaugrad variiert. Dazu wurde einerseits die Balkensperre in ihrer ursprünglichen Form betrachtet und andererseits der Balkenrost durch eine Stauwand ersetzt. In diesem Fall verblieb am Mauerfuss eine Öffnung von 3 m Breite und 0,7 m Höhe.

Das Konzept eines frühzeitig provozierten Rückstaus wurde bereits am Sammler im Dorfbach realisiert. Dort weist der untere Teil des Rechens grössere Öffnungen auf, um bei kleineren und mittleren Ereignissen eine Verlegung des Rechens, unnötige Geschiebeablagerungen und damit häufige Interventionen zur Räumung des Sammlers zu vermeiden. Durch den bei grösseren Ereignissen erzwungenen Rückstau wird der Wasserspiegel im Sammler auf das Niveau angehoben, wo durch Querstäbe die Öffnungen im Rechen reduziert sind.

Der Rückstau erlaubt im Fall einer teilweisen Füllung des Sammlers, Holz und Geschiebe zu trennen. Während sich das Holz am Rechen ansammelt, lagert sich das Geschiebe deltaartig im flussaufwärtigen Teil des Sammlers ab. Im Fall ohne Rückstau werden im steilen Sammler Holz und Geschiebe bis an den Rechen transportiert und hier gemeinsam abgelagert. Diese Ablagerung kann nur noch mit schwerem Gerät ausgeräumt werden.

5.2.2 Verhalten im Grenzlastfall

In Bild 4 ist der Holzrückhalt für die Rechentypen aus Bild 3 für den Grenzlastfall und eine Holzzufuhr von 500 m^3 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass sich ein Rückstau hinsicht-

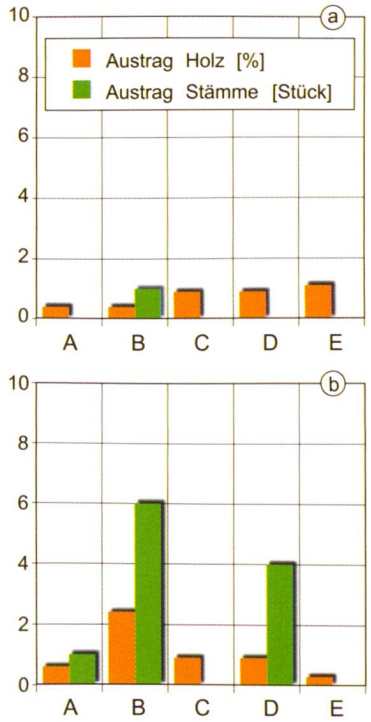


Bild 4. Holzdurchgang für die Rechentypen aus Bild 3 für den Grenzlastfall und eine Schwemmholzzufuhr von 500 m^3 (Festmeter). a) Fall ohne b) Fall mit Rückstau. Stämme sind Hölzer über 2,3 m Länge.

lich Holzdurchgang eher negativ auswirkt. Der grössere Austrag erklärt sich dadurch, dass auf dem im Sammler gestauten See das Holz zunächst lose aufschwimmt und durch die im Seebecken auftretende Strömung in Bewegung gehalten wird. Stämme können so mehrmals und in unterschiedlicher Ausrichtung an die Rechenebene getrieben werden, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit für ihren Durchgang erhöht. Dieser Vorgang ist typisch für die Anfangsphase einsetzender Holzzufuhr. Falls die zugeführte Holzmenge insgesamt gering ist, kann dieser Zustand auch länger anhalten.

Erst nachdem eine gewisse Holzmenge den Sammler erreicht hat, bildet sich eine dichte Ansammlung, die an die Rechenebene geschoben wird und so einen weiteren Holzdurchgang verhindert.

Wie das Beispiel des Holzrechens im Geschiebesammler am Dorfbach zeigt, kann der Holzdurchgang in der kritischen Anfangsphase durch geeignete Massnahmen stark reduziert werden. Beim Rechen am Dorfbach wurden die Öffnungen im oberen Teil des Rechens durch Querstäbe verkleinert und die seitlichen Rechenflächen zusätzlich durch grobmaschige Netze abgedeckt.

Ohne Rückstau wird das Holz am Rechen rasch zu einer dichten Ansammlung zusammengeschoben. Die bezüglich Holzdurchgang kritische Anfangsphase wird dadurch sehr kurz, sodass der Holzaustrag auch ohne zusätzliche Massnahmen geringer ausfällt.

Auch für den Zustand ohne Stauwand kann aber die Bildung eines Rückstaus nicht ausgeschlossen werden. Der Balkenrost kann durch feineres Holz, das den Rechen passiert, verlegt werden. Dies könnte allenfalls durch einen Verzicht auf Einbauten im Schlitz des Abschlussbauwerks verhindert werden. Allerdings wäre dann bei Ereignissen mit geringer Holzzufuhr der Geschieberückhalt nicht mehr gewährleistet.

Ein Rückstau ist daher als Szenario auch bei einer Lösung ohne Stauwand zu berücksichtigen.

Die Versuche zeigen weiter auch, dass die Neigung der Rechenstäbe sowie die Breite des Rechens bei der Betrachtung des Grenzlastfalls einen untergeordneten Einfluss auf den Holzrückhalt haben.

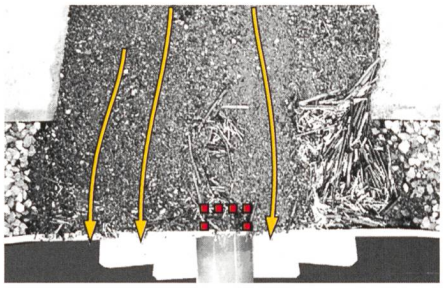
5.2.3 Verhalten im Überlastfall

Um das vorhandene Rückhaltevolumen vollständig zu nutzen, sollte der Rechen mindestens die gleiche Höhe wie die Abschlusssperre im Bereich ihrer Flügel aufweisen.

Nach der vollständigen Füllung des Sammlers im Verlauf des Überlastfalls wird ein schmaler Rechen seitlich umflossen. Wasser, Geschiebe und Holz werden unkontrolliert über die Sperrenflügel entlastet (Bild 5, oben).

Bei einem über die ganze Breite reichenden Rechen findet zunächst eine Entlastung in den Raum zwischen dem Rechen und der Abschlusssperre statt. Dieser Zwischenraum wirkt als Sammelrinne. Der Austrag konzentriert sich in starkem Mass auf die Überfallsektion und erfolgt dadurch kontrollierter als beim schmalen Rechen. Die Erosionsgefährdung im Bereich der Widerlager der Abschlusssperre reduziert sich dadurch erheblich (Bild 5, unten).

Schmaler Rechen



Breiter Rechen

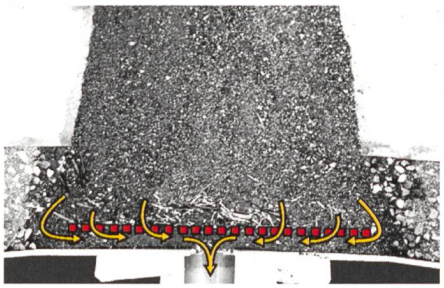


Bild 5. Einfluss der Rechenbreite auf den Holz- und Geschiebeaustrag beim Überlastfall.

5.3 Holzrückhalt in Geschiebesammlern – Tauchwand

Im Versuch, ein möglichst kompaktes Bauwerk zu entwickeln, das im Fall der Überbelastung des Systems einen kontrollierten Überlauf gewährleistet, wurde in den Modellversuchen zum Geschiebesammler am Sigetsbach in Sachseln auch eine Tauchwandlösung geprüft.

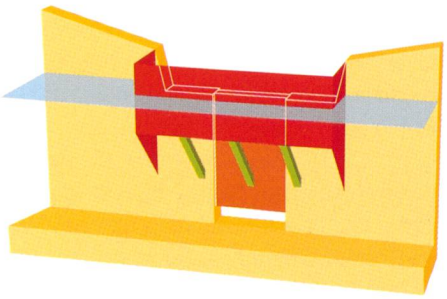


Bild 6. Tauchwand als Massnahme für den Holzrückhalt im Geschiebesammler (Blick in Fliessrichtung).

Die Tauchwand wird an der Abschlusssperre angebracht (Bild 6). Durch den Auslass in der Sperre sollen kleinere Ereignisse ungehindert abfliessen können. Bei grösseren Abflüssen wird ein Rückstau erzeugt, wodurch der Wasserspiegel im Sammler auf das Niveau der Tauchwand angehoben wird. Die geneigten Abstützungen der Tauchwand verhindern dabei, dass Holz zwischen der Tauchwand und der Abschlusssperre eingeschlossen und anschliessend über die Abflusssektion der Sperre ausgetragen wird.

Die Abmessungen der Tauchwand müssen auf die Abmessungen der Sperre und die zu erwartenden Abflüsse abgestimmt sein:

- Die Oberkante der Tauchwand muss genügend weit über den maximalen Wasserspiegel reichen, damit das Holz nicht über die Tauchwand geschoben wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Auslass am Fuss der Sperre durch Holz oder Geschiebe verlegt werden kann.
- Um im Überlastfall einen kontrollierten Überlauf sicherzustellen, darf die Oberkante der Tauchwand nicht über die Sperrenflügel hinausragen.
- Die Unterkante der Tauchwand muss gegenüber der Kote der Überfallsektion genügend tief angeordnet sein, sodass nicht Holz unter der Tauchwand hindurchgesogen wird oder an die schrägen Abstützungen gepresst wird und so den Durchflussquerschnitt verlegt.
  Im untersuchten Beispiel sind die Tauchwand und die Überfallsektion praktisch gleich breit. Die Unterkante der Tauchwand liegt 1,1 m tiefer als die Überfallsektion. In den Versuchen wurden spezifische Abflüsse (bezogen auf die Breite der Überfallsektion) von maximal 4,2 $m^3/s \cdot m$ untersucht.

Die obigen Bedingungen können unter Umständen bei einer bestehenden Anlage nicht ohne weiteres erfüllt werden. Durch Anpassung der Geometrie der Überfallsektion besteht aber die Möglichkeit zur Beeinflussung der maximalen Wasserspiegellage. Eine weitere Möglichkeit stellt ausserdem die Erhöhung der Sperrenflügel dar.

5.4 Räumlich getrennter Holz- und Geschieberückhalt

Sind die vorhandenen Platzverhältnisse grosszügig genug, so kann durch eine räumliche Trennung des Holz- und Geschieberückhalts der Aufwand für die nach einem Hochwasserereignis nötige Räumung reduziert werden. Ein Beispiel für eine solche Lösung ist das im hydraulischen Modell für den Steinibach in Hergiswil NW entwickelte Konzept.

Im heutigen Zustand wird am Kegelhals des Steinibachs das Geschiebe durch drei bogenförmige Dolensperren zurückgehalten. Auf Grund einer umfassenden Gefahren- und Risikobeurteilung muss der zur Verfügung stehende Rückhalteraum jedoch vergrössert werden. Gleichzeitig sollen auch Massnahmen für den Rückhalt von Schwemmholz realisiert werden.

Durch eine relativ bescheidene Erhöhung der mittleren Sperre kann das Rückhaltevolumen für Geschiebe so weit vergrössert werden, dass selbst bei Extremereignissen praktisch die gesamte Geschiebefracht flussaufwärts der mittleren Sperre abgelagert wird. Der Raum zwischen der mittleren und der unteren Sperre kann dadurch für den Holzrückhalt verwendet werden. Um das vorhandene Volumen vollständig nutzen zu können, darf dieses Becken jedoch nicht eingestaut werden. Deshalb wird die unterste Sperre mit einem 8 m breiten Schlitz versehen. Der Holzrückhalt erfolgt durch einen vorgelagerten Rechen, der die geöffnete Sperre auf ihrer ganzen Breite abdeckt (Bild 7).

Da das Holz über die Abflusssektion der mittleren Sperre über eine grosse Höhe in das Becken vor dem Rechen stürzt und beim Aufprall unkontrollierte Bewegungen ausführt, ist der Holzdurchgang in der Anfangsphase relativ gross. Eine wesentliche Verbesserung wird erreicht, wenn die seitlichen Teile des Rechens durch ein grobmaschiges Netz abgedeckt werden und im mittleren Teil durch ein im Abstand von 0,7 m zur Sohle angebrachtes Stahlseil die initiale Verlegung des Rechens gefördert wird.

Bild 7. Räumliche Trennung von Geschiebe und Holz im hydraulischen Modell des Steinibachs ob Hergiswil NW.

5.5 Selektiver Holzrückhalt

Oberhalb des Dorfes Sisikon UR verläuft der Riemenstaldnerbach im tief eingeschnittenen, engen Tal. Das Gerinne und die seitlichen Böschungen sind mit einer Sperrentreppe stabilisiert. Für einen wirkungsvollen Geschieberückhalt fehlt hier der erforderliche Raum.

In Sisikon queren die Axenstrasse und die Gotthardlinie der SBB die Bachschale des Riemenstaldnerbachs. Trotz der 1999 abgeschlossenen Sanierung der Bachschale und der Erstellung eines Ablagerungsraums im Bereich der Mündung in den Urnersee kann es bei Ereignissen mit starker Geschiebeführung durch Geschiebeablagerungen in der Bachschale zu kritischen Situationen kommen.

Durch die Auflandungen wird die lichte Höhe des Querschnitts unter den Brücken reduziert. Gleichzeitig besteht im Einzugsgebiet des Riemenstaldnerbachs ein beträchtliches Potenzial an Wurzelstöcken, die bei Hochwasser mobilisiert werden können. Da es primär diese Wurzelstöcke sind, die in Sisikon eine Verklausung der Brücken auslösen können, musste unter den sehr begrenzten Platzverhältnissen in der Sperrentreppe oberhalb des Dorfes nach Lösungen für den selektiven Rückhalt dieser sperrigen Elemente gesucht werden. Dabei soll wegen des fehlenden Rückhalteraums die Durchgängigkeit für Stammholz und Geschiebe weitgehend gewährleistet bleiben.

Die Grundidee der im hydraulischen Modell entwickelten Lösung besteht darin, den hinsichtlich Verklausung kritischen Querschnitt flussaufwärts in die Sperrentreppe zu verlegen. Der kritische Querschnitt wird durch horizontale Stahlträger gebildet, die vom Ufer her in den Abflussquerschnitt hineinragen und bis etwa in die Mitte des Gerinnes reichen (Bild 8). Hier ist aus statischen Gründen eine Abstützung erforderlich. Um der veränderlichen Sohlenlage zwischen den Sperren Rechnung zu tragen, sind pro Bauwerk jeweils drei Horizontalträger angeordnet.

Die unverlegte Struktur behindert den Geschiebetransport nicht und erweist sich als relativ durchgängig für Stammholz. Verfängt sich ein Wurzelstock, so lagert sich rasch weiteres Holz an und es bildet sich eine im Grundriss dreieckförmige Holzansammlung, welche die Strömung an das gegenüberliegende Ufer ablenkt. Dies bedingt einen entsprechend massiven Uferschutz. Im frei bleibenden Teil des Querschnitts wird der Abfluss stark konzentriert, sodass es hier zur Kolkbildung kommt. Der Uferschutz und die Mittelabstützung des Rahmens müssen deshalb entsprechend tief fundiert werden.

Da bei einem 20-jährlichen Ereignis mit etwa 5, beim 100-jährlichen Ereignis mit rund 30 und beim Extremereignis mit über 60 sehr grossen Wurzelstöcken gerechnet wird, müssen mehrere Rückhaltebauwerke vorgesehen werden. Ihre Anordnung konnte im hydraulischen Modell so optimiert werden, dass nach der Verlegung eines Bauwerks durch die abgelenkte Strömung das nächste Bauwerk optimal angeströmt wird. Wurzelstöcke, die durch ein bereits verlegtes Element nicht mehr zurückgehalten werden können und dieses seitlich passieren, treffen so mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das folgende Bauwerk und werden hier aufgehalten (Bild 9).

Am Riemenstaldnerbach können aus Platzgründen maximal sechs Rückhaltebauwerke angeordnet werden. In den Modellversuchen wurden damit beim 20-jährlichen Ereignis 100 %, beim 100-jährlichen Ereignis rund 90 % und beim Extremereignis noch über 70 % der Wurzelstöcke mit extremen Abmessungen zurückgehalten. Vom zugeführten Stammholz passieren den Bachabschnitt 60 % bis 75 %.

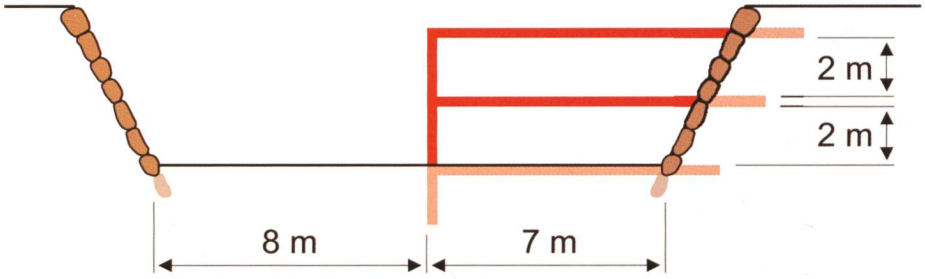


Bild 8. Querprofil des Riemenstaldnerbachs ob Sisikon UR mit dem rahmenförmigen Bauwerk für den selektiven Rückhalt von Wurzelstöcken.

Bild 9. Anordnung mehrerer Bauwerke zum Rückhalt der Wurzelstöcke in der Sperrentreppe des Riemenstaldnerbachs gegen Ende eines Versuchs für das Extremereignis.

6. Folgerungen

Nur ausserordentlich grosse Rückhaltevolumina und ausserordentlich grosszügige Fliessquerschnitte würden einen vollständigen Schwemmholzrückhalt oder eine in jedem Fall schadlose Weiterleitung des Schwemmholzes garantieren. Beides ist im Normalfall nicht vorhanden und müsste daher mit einem Aufwand geschaffen werden, der in der Regel weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll ist.

Aus diesem Grund gibt es auch keine eindeutige Antwort auf die im Titel gestellte Frage nach Rückhalt oder Weiterleitung. Im konkreten Fall sollten vielmehr Unterhaltsmassnahmen mit Massnahmen zur Weiterleitung und zum Rückhalt kombiniert werden. Die Gewichtung wird dabei entsprechend der speziellen Situation und den besonderen Randbedingungen jeweils anders ausfallen.

Eine Kombination von Massnahmen aus den verschiedenen Bereichen wird in jedem Fall längerfristig die beste (und am meisten Sicherheit bietende) Investition sein, wobei dem Unterhalt, mit dem das Schwemmholzproblem am ehesten an seiner Ursache angegangen wird, gehörige Beachtung geschenkt werden soll.

Dank

Es sei hier den Amtsstellen gedankt, die mit ihren Aufträgen die hier präsentierten Fallstudien ermöglichten. Es sind dies das Bundesamt für Wasser und Geologie, die Kantone Uri, Obwalden, Nidwalden und die Politische Gemeinde Hergiswil.

An den Studien haben viele Kollegen an der VAW in irgendeiner Form mitgearbeitet. Namentlich sei an dieser Stelle Arnd Hartlieb, Lukas Hunzinger, Dan Kull, Markus Schatzmann, Hansjürg Sigg, Roland Hollenstein und Andreas Rohrer gedankt.

Literatur

Bitterlich, E. (1998): 30 Jahre Erfahrung mit Sortierwerken, Wildbach- und Lawinenverbau, 62. Jahrgang, Heft 136, S. 103–105.

BWW (1998): Ereignisdokumentation Sachseln (Unwetter vom 15. August 1997), Studienbericht Nr. 8 des Bundesamtes für Wasserwirtschaft.

Gotthalmseder, P. (1998): Bautypen der Geschiebebewirtschaftung, Wildbach- und Lawinenverbau, 62. Jahrgang, Heft 136, S. 81–102.

Hartlieb, A., Bezzola, G. R. (2000): Ein Überblick zur Schwemmholzproblematik, wasser, energie, luft, 92. Jahrgang, Heft 1/2, S. 1–5.

Hochstrasser, H. (1997): V-förmiger Treibholzfang und Geschiebeablagerungszone am Chämptnerbach in Wetzikon, wasser, energie, luft, 89. Jahrgang, Heft 7/8, S. 213–214.

Knauss, J. (1995): Treibholzfänge am Lainbach in Benediktbeuern und am Arzbach (ein neues Element im Wildbachausbau), Berichte der Versuchsanstalt Obernach und des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, Nr. 76, S. 23–66.

Loipersberger, A. (1998): Netzkonstruktionen in der Wildbachverbauung, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Mitglieder-Rundbrief 2/98, S. 27–29.

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

Zahno, M. (2000): Schwemmholzrückhalt in Wildbächen, Diplomarbeit bei Prof. Minor an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, unveröffentlicht.

Zollinger, F. (1983): Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz (Ihre Morphologie und die Möglichkeiten einer Steuerung), Dissertation Nr. 7419 an der ETH Zürich.

Anschrift des Verfassers

Gian Reto Bezzola, dipl. Ing. ETH, Chef der Abteilung Flussbau, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich. E-Mail: bezzola@vaw.baug.ethz.ch