

5.2 Interaktion von Schwemmholt mit Hindernissen

Lukas Schmocker, Daniela Lange, Peter Waldner

5.2.1 Einführung

Holzansammlungen und Verklausungen durch Schwemmholt führten während dem Hochwasser vom August 2005 an verschiedenen Orten zu einer Verschärfung der Situation. Nachfolgend wird auf die Prozesse eingegangen, die für die Ablagerung von Schwemmholt massgebend waren. Im Weiteren werden die Mechanismen, die zu Verklausungen an Brücken und Wehren führten, analysiert. Die Transportprozesse von Schwemmholt während des Augusthochwassers 2005 werden nicht näher betrachtet, da einerseits praktisch keine Angaben vorhanden sind und andererseits aus den wenigen Beobachtungen keine neuen Erkenntnisse gewonnen werden konnten.

5.2.2 Ablagerungsprozesse

Während des Hochwasserereignisses vom August 2005 führten die betroffenen Gebirgs- und Talflüsse grosse Mengen an Schwemmholt mit. Dieses wurde z. T. über lange Strecken transportiert und weit entfernt vom Eintragungsort abgelagert, wobei grundsätzlich zwei verschiedene Ablagerungsprozesse unterschieden werden können. Zum einen kam es an Engstellen (z. B. bei Brücken und Wehren) aufgrund eines für die schadhlose Durchleitung zu kleinen Querschnittes zur Ansammlung von Schwemmholt. Im ungünstigsten Fall führte dies zur Verlegung des gesamten Abflussquerschnittes (Verklausung), woraufhin an einigen Orten Gerinneausbrüche und Überschwemmungen resultierten. Zum anderen wurde das von den Flüssen mitgeführte Schwemmholt abgelagert (z. B. in Seen und Flussaufweitungen), weil die Bedingungen für den Schwemmholttransport (Strömung, Fliesstiefe) nicht mehr gegeben waren. Nachfolgend wird auf beide Ablagerungsprozesse genauer eingegangen. Die technischen Massnahmen zum Schwemmholtzrückhalt, wie z. B. Rechen oder Geschiebesammler, werden in Kap. 7.4 näher betrachtet.

Ablagerungsorte

5.2.3 Ablagerung an Brücken

Entlang der betroffenen Gebirgsflüsse wurde beim Augusthochwasser 2005 verschiedentlich der gesamte Brückenquerschnitt verklaust (z. B. an der Chiene, Chirel, Grosse Melchaa). Infolge der grossen Strömungsenergie verkeilte sich das Schwemmholt und türmte sich vor den Brücken auf (Abb. 5.1). Der daraus resultierende Aufstau führte dazu, dass an vielen Stellen die Flüsse über die Ufer traten. Die Ausuferungen hatten bei mehreren Brücken auch Erosionen zur Folge (z. B. bei der Brücke der Brünigbahn in Sarnen). Den hohen Belastungen infolge der durch eine Verklausung noch erhöhten horizontalen Strömungskraft konnten verschiedene Brücken nicht standhalten und wurden vollständig zerstört. z. T. reichte bereits die Anprallkraft des angeschwemmten Holzes aus, um eine Brücke stark zu beschädigen oder gar wegzureissen.

Schadensprozesse

Einen massgebenden Einfluss auf das Entstehen einer Verklausung in Gebirgsflüssen hatten auch die grossen Mengen an transportiertem Geschiebe. Geschiebeablagerungen im Bereich der Brücken führten zur Verkleinerung des Durchflussquerschnittes und begünstigten so das Hängenbleiben des Holzes. So kam es z. B. bei abnehmendem Abfluss in der Chirel und gleichzeitig steigendem Abfluss in deren Vorfluter Simme zu einem Rückstau in der Chirel und infolgedessen zu Geschiebeablagerungen im Gerinne. Die Geschiebefront wanderte aufwärts und reduzierte die Durchflussquerschnitte der Brücken über die Chirel (geo7 und Schälchli, Abegg + Hunzinger, 2006). Bei Talflüssen traten bei Brücken keine Verklausungen auf, da die Brücken grosse lichte Höhen und Breiten aufweisen. Verschiedene Brücken wurden jedoch durch anprallendes Schwemmholz beschädigt und z. T. kam es zu kleinen Holzansammlungen an den Pfeilern oder Widerlagern (Abb. 5.2).

Einfluss des Geschiebes

Abb. 5.1 > Verklausung der Eisenbahnbrücke über die Grosse Melchaa in Sarnen OW.

Es kam zur Verklausung des gesamten Gerinnequerschnittes und die Brücke wurde kurze Zeit später aufgrund der Erosion an den Widerlagern weggerissen.



Foto: Kt. OW

Abb. 5.2 > Beschädigung der Holzbrücke über die Reuss in Sins AG durch anprallendes Schwemmholz.

Schwemmholzansammlung am Pfeiler. Es kam zu keiner Verklausung, da die Bäume unter der Brücke durchgedrückt wurden.



Foto: Amt für Tiefbau Kt. ZG

Für die Flüsse Kleine Emme, Reuss, Grosse Melchaa, Engelberger Aa, Chirel, Landquart und Linth wurde abgeschätzt, an wie vielen der vorhandenen Brücken es während des Hochwassers 2005 zu Beschädigungen durch Schwemmholz kam (Abb. 5.3). Dabei wurden diejenigen Flussabschnitte betrachtet, bei denen Probleme mit Schwemmholz in den Ereignisdokumentationen verzeichnet waren. Es war jedoch nicht möglich, alle Problemstellen genau zu erfassen, da Verlegungen mit Schwemmholz teilweise unbeobachtet auftreten und sich wieder lösen können. An der Landquart und der Linth wurden relativ kurze Flussabschnitte betrachtet, da nur sehr lokal Probleme mit Schwemmholz aufgetreten sind. Die totale Anzahl Brücken in einem Flussabschnitt wurde aus den Landeskarten der Schweiz (1 : 25'000) abgeschätzt.

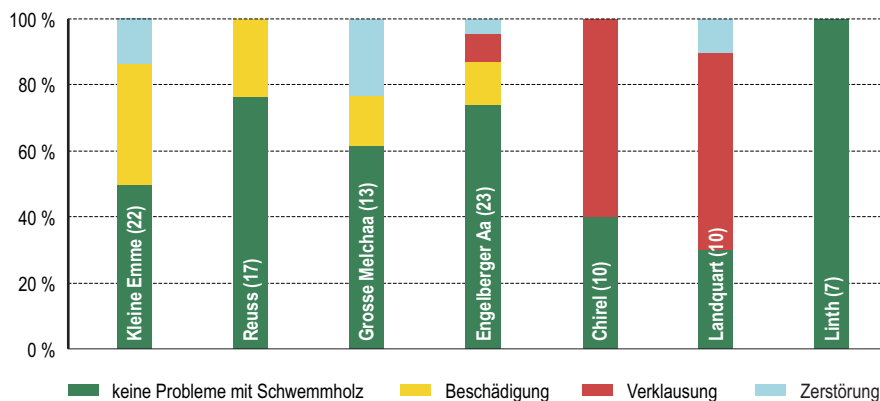
Untersuchte Flussabschnitte

Die Beurteilung der Probleme mit Schwemmholz führten zu einer Klassifizierung in (a) keine Probleme mit Schwemmholz, (b) Beschädigung infolge Anpralls, (c) Beschädigung infolge Verklausung oder (d) Zerstörung. Zu einer Zerstörung der Brücken können sowohl anprallendes Schwemmholz als auch eine Verklausung geführt haben. Aus den vorhandenen Beobachtungen ist es jedoch nicht in allen Fällen möglich, diese Schadensursachen zu unterscheiden. Brücken, bei denen Probleme infolge von Umströmung, Unterspülung, Kolkerscheinungen oder Erosion auftraten, nicht jedoch infolge von Schwemmholz, wurden der Kategorie (a) zugeordnet. Brücken, bei denen Geschiebeablagerungen im Bereich der Brücke einen Einfluss auf die Verklausung hatten, wurden der Kategorie (c) zugeordnet.

Klassifizierung der Probleme

Abb. 5.3 > Klassierung der Brücken in ausgewählten Flussabschnitten hinsichtlich Problemen mit Schwemmholz.

In Klammern ist die Anzahl der betrachteten Brücken angegeben.



Total waren von den untersuchten Brücken ca. 40% von Schwemmholzproblemen betroffen. An der Chirel und der Landquart kam es bei allen Brücken, bei denen Probleme infolge des Schwemmholzaufkommens registriert wurden (ca. 60%) zu einer Verklausung des Gerinnequerschnittes.

Fast jede zweite Brücke durch Schwemmholzprobleme betroffen

An der Chirel wurden die Verklausungen massgeblich durch das hohe Geschiebeaufkommen beeinflusst, da grosse Blöcke die Brückenquerschnitte zusätzlich verlegten (geo7 und Schälchli, Abegg + Hunzinger, 2006). Infolge der Verklausungen ist die Chirel an mehreren Stellen aus dem Gerinne ausgebrochen.

Chirel

Durch die Landquart wurde insbesondere in Klosters viel Schwemmholz transportiert, wodurch es zu Verklausungen an mehreren Brücken kam. Aufgrund des grossen Geschiebeaufkommens war die Abflusskapazität der Landquart bereits überschritten, und die Verringerung der Durchflussquerschnitte begünstigte zusätzlich das Hängenbleiben von Schwemmholz. Vor allem die Verklausung des Fussgängerübergangs Schwimmbad/Doggiloch führte zur Bildung einer Schwemmholzansammlung von mehreren hundert Metern Länge und infolge des grossen Aufstaus zum Ausufer der Landquart (Amt für Wald Kanton Graubünden, 2006).

Landquart

Im untersuchten Flussabschnitt der Kleinen Emme waren ca. 50 % der Brücken von Problemen mit Schwemmholz betroffen. In Wolhusen und Reussbühl wurden mehrere Brücken durch anprallendes Schwemmholz beschädigt (Kanton Luzern, 2005). Zwischen Wolhusen und Luzern wurden drei Brücken zerstört. Ob eine vollständige Verklausung des Gerinnequerschnittes oder anprallendes Schwemmholz der Grund für die Zerstörung dieser drei Brücken war, kann allein aufgrund der Beobachtungen nicht rekonstruiert werden. Da zwei Brücken eine Fachwerkkonstruktion aufwiesen, könnte der erhöhte Strömungsdruck infolge des im Fachwerk verkeilten Holzes die Zerstörung verursacht haben.

Kleine Emme

An der Grossen Melchaa staute sich das Wasser infolge der Verklausung bei der Eisenbahnbrücke kurz vor der Mündung in den Sarnersee und überströmte die Dämme beidseitig (Abb. 5.1). Es kam zur Erosion des Dammes sowie im Bereich des rechten Brückenwiderlagers, wodurch die Eisenbahnbrücke vom Widerlager stürzte. Der Dambruch führte zum Ausbruch der Grossen Melchaa (Kanton Obwalden, 2006). Stromauf der Eisenbahnbrücke befinden sich ein Fussgängersteg sowie zwei Auto- brücken. Von diesen drei Brücken wurde lediglich der Fussgängersteg durch anprallendes Schwemmholz leicht beschädigt.

Grosse Melchaa

Die Brücken entlang der Engelberger Aa wurden durch das anprallende Schwemmholz z. T. stark beschädigt. Verklausungen wurden jedoch nur bei der Militärbrücke Geren und beim Lättensteg vermutet bzw. festgestellt (Oeko-B AG / Niederer + Pozzi Umwelt AG, 2006). Ungefähr 70 % der Brücken wiesen nach dem Augusthochwasser 2005 keine sichtbaren Schäden auf.

Engelberger Aa

An der Reuss, bei der die Brücken grössere Abflussquerschnitte aufweisen, kam es zu keinen Verklausungen. Einzelne Brücken wurden durch anprallendes Schwemmholz beschädigt (z. B. Holzbrücke in Sins, Abb. 5.2). Das Schwemmholz führte v. a. bei den verschiedenen Wehren entlang der Reuss zu Problemen, worauf im nächsten Abschnitt eingegangen wird.

Reuss

Bei den kritischen Brücken an der Linth (Linthbrücke, Linthbrüggli, Vrenelibrücke) war die Abflusskapazität nur noch knapp genügend. Durch Intervention und Schwemmholzentnahme mittels Kranlastwagen konnten Schäden jedoch verhindert werden (Linthverwaltung, 2006).

Linth

5.2.4 Ablagerung an Wehren

In Talflüssen verursachte das anfallende Schwemmholz v. a. bei den Wehren Probleme. Es verkeilte sich besonders bei Wehren mit unterströmten Schützen und schmalen Wehrfeldbreiten. Beim Wehr Perlen wurden zwei der drei Wehrfelder vollständig mit Holz verlegt, und die Reuss uferte beidseitig aus. Im Rahmen der Intervention wurde auf der rechten Seite ein Abflusskorridor um das Wehr herum geschaffen (Abb. 5.4). Beim Kraftwerk Bremgarten-Zufikon bildete sich ein Schwemmholzteppich vor den Wehrfeldern. Dabei wurden die Grundablässe von zwei Wehrfeldern auf der Kurven- aussenseite u. a. durch Wurzelstöcke verlegt.

Wehr Perlen und Bremgarten

Bei der Wehranlage in Windisch wurde das Schwemmholz von der Reuss auf der Kurvenaussenseite antransportiert und gelangte so in den Kraftwerkskanal. Das Holz führte zu einer Verklausung am Pfeiler eines Dienststeiges, was zu dessen Einsturz führte. Der Einlauf zum Kraftwerkskanal und das Spülschütz wurden durch das Holz vollständig verlegt (Abb. 5.5). Diese Verklausungen verstärkten die Ausuferungen ins Siedlungsgebiet und erschwerten die Interventionen. Am überströmten Dachwehr blieb kein Holz hängen, jedoch wurden an der gesamten übrigen, mit mehreren Pfeilern gegliederten Wehrschwelle Holzansammlungen registriert.

Wehr Windisch

Abb. 5.4 > Verklausung beim Wehr Perlen LU.

Holz verklaute die zwei Wehrfelder auf der linken Seite, woraufhin die Reuss rechts um das Wehr floss.



Foto: Schweizer Luftwaffe

Abb. 5.5 > Verklausung beim Wehr Windisch AG.

Die Verklausung des Kraftwerkskanals verstärkte die linksseitige Ausuferung der Reuss.



Foto: Kantonspolizei Aargau

In der Aare in der Stadt Bern kam es zu grossen Schwemmholzablagerungen an der Matteschwelle und vor dem Einlaufrechen des Kraftwerks Matte. Das Schwemmholz wurde durch die markante Rechtskurve der Aare vor der Matteschwelle grösstenteils auf der linken Seite (Kurvenaussenseite) antransportiert. Es kam zunächst zu Verklausungen der in Fliessrichtung gesehen hinteren Wehrfelder. Die Wehrfelder sind grösstenteils als unterströmte Tafelschützen ausgebildet und weisen in voll geöffnetem Zustand eine Breite von 4 m und eine lichte Höhe von 0.75 m auf. Durch die Verklausungen der Wehrfelder bildete sich eine grosse Schwemmholzansammlung. Der damit verbundene Rückstau führte dazu, dass die Aare oberhalb der Schwelle über die Ufer trat und das Mattequartier überflutete.

Matteschwelle Bern

5.2.5 Ablagerungen in breiten Flussabschnitten und Seen

In Überflutungsflächen und breiten Flussabschnitten lagerte sich Schwemmholz bei abklingendem Hochwasser ab. Bei grossen Gerinnebreiten waren die Abflusstiefen und Fliessgeschwindigkeiten zu gering, um das Holz zu transportieren (Abb. 5.6) oder die Vegetation übernahm die Funktion eines Schwemmholzrechens (Abb. 5.7). Da nur für wenige Aufweitungen Angaben über abgelagerte Schwemmholzmengen vorhanden sind, lassen sich diese Beobachtungen nicht verallgemeinern.

Ablagerungsprozesse

Abb. 5.6 > Schwemmholzablagerung der Engstigen in der Aufweitung bei Frutigen BE.

Die Breite in der Aufweitung ist bis zu sechsmal grösser als die Flussbettbreite oberhalb der Aufweitung.



Foto: Ramu Ingenieur AG Frutigen

Abb. 5.7 > Schwemmholzablagerung der Reuss in der Aufweitung Chamau ZG.

In der Aufweitung verdreifachte sich die Flussbreite und es wurden ca. 1000 m³ Schwemmholz (locker) abgelagert.



Foto: Kantonspolizei Aargau

Beim Abklingen der Hochwasserwelle lagerte sich das Schwemmholz auch an flachen Ufern, auf Vorländern oder direkt im Gerinne ab. Solche Ablagerungen sollten im Nachgang des Ereignisses geräumt werden, da sie bei einem nächsten Hochwasser wieder mobilisiert werden können. Im Einmündungsbereich von Flüssen in Seen bildeten sich z. T. grosse Schwemmholzteppiche (z. B. Sarner- und Thunersee).

Schwemmholzteppiche in Seen

5.2.6 Verklausungswahrscheinlichkeit

Ob es an einem Bauwerk zu einer Verklausung kommt, ist einerseits von den Mengen und Grössen des Schwemmholzes und andererseits von den Abmessungen des kritischen Querschnittes (Sohlenbreite B und lichte Höhe H) abhängig. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Verhängens einzelner Stämme (W_S) oder Wurzelstöcke (W_W) erfolgten nach Bezzola et al. (2002). In Tab. 5.1 sind diese Wahrscheinlichkeiten für ausgewählte Brücken dargestellt. Der Berechnung wurden eine Stammlänge von 10 m (bzw. von 20 m im Fall der Kleinen Emme) sowie für Wurzelstöcke ein mittlerer Durchmesser des Wurzelstellers von 1 m zugrunde gelegt. Die Stammlängen entsprechen dabei oberen Werten aus den Schwemmholzaufnahmen der WSL (Waldner et al., 2007 und Kap. 4.4). Die Wurzelstockabmessungen wurden aus Fotos geschätzt, da keine Angaben vorlagen. Je nach Einzugsgebiet können die tatsächlichen Abmessungen somit von den hier getroffenen Annahmen abweichen.

Grundlagen

Tab. 5.1 > Wahrscheinlichkeiten des Verhängens einzelner Stämme (W_s) und einzelner Wurzelstöcke (W_w) für ausgewählte Brücken nach Bezzola et al. (2002).

Bei den rot markierten Brücken kam es während des Auguthochwassers 2005 zu einer Verklausung oder Zerstörung der Brücke infolge von Schwemmholz.

		B [m]	H [m]	W_s	W_w
Grosse Melchaa, Sarnen OW	Brücke Autobahn	10.60	3.00	0.06	0.24
	Fussgängersteg	8.58	2.70	0.09	0.40
	Brücke Brünigstrasse	11.60	3.30	0.05	0.11
	Eisenbahnbrücke	9.50	2.30	0.07	0.67
Chiene, Kien BE	Dorfbrücke	9.00	2.00	0.08	0.95
Chirel, Oey BE	Eisenbahnbrücke	12.95	2.70	0.04	0.40
Kleine Emme LU	Ringgesteg	23.40	4.42	0.08	0.03
	Ennigerbrücke	28.30	4.00	0.05	0.16
	Viscosesteg	28.00	5.00	0.05	0.00
Linth, Escherkanal GL	Molliserbrücke	14.00	5.60	0.03	0.00
	Linthbrücke	16.60	5.60	0.01	0.00
	Chupfernsteg	18.00	4.50	0.01	0.00

Die abgeschätzten Wahrscheinlichkeiten des Verhängens einzelner Stämme bewegen sich für die meisten der betrachteten Brücken zwischen 5 und 10%, was bedeutet, dass sich jeder 10. bis 20. Stamm an der Brücke verfangen kann, wodurch sich wiederum die Wahrscheinlichkeit für das Verhängen weiterer Stämme und somit für die Bildung einer Verklausung erhöht. Die Werte für das Verhängen einzelner Wurzelstöcke (bzw. von Stämmen mit Wurzeltellern) sind deutlich höher. Bei der Mehrheit der Brücken mit hohen rechnerischen Wahrscheinlichkeiten für das Verhängen einzelner Stämme und Wurzelstöcke kam es während des Auguthochwassers 2005 auch tatsächlich zu einer Verklausung. Im Gegensatz dazu kam es in einigen Fällen, bei denen die rechnerische Wahrscheinlichkeit einer Verklausung klein oder sogar null war, bei schlechter Brückenausbildung zu Problemen mit Schwemmholz. Bei diesen Brücken begünstigten eine nicht glatt ausgebildete Untersicht der Brücke (Fachwerk, offene Konstruktionen, Werkleitungen) sowie Pfeiler oder seitliche Widerlager das Hängenbleiben von Stämmen und Wurzelstöcken.

Verklausungswahrscheinlichkeit erlaubt Risikoabschätzung

Bei den drei zerstörten Brücken an der Kleinen Emme kann – wie bereits ausgeführt – nicht mehr rekonstruiert werden, ob es zu einer vollständigen Verklausung des Gerinnequerschnittes kam. Der Ringgesteg sowie der Viscosesteg wiesen Fachwerkkonstruktionen auf, welche ein Verkeilen des Holzes begünstigten. Die Zerstörung kann daher auch durch Anprall oder erhöhten Strömungsdruck nach teilweiser Verlegung verursacht worden sein. In Sarnen passierte das Schwemmholz drei Brücken ohne Probleme und erst bei der Eisenbahnbrücke kam es zu einer Verklausung (Kanton Obwalden, 2006). Nebst der kleineren lichten Höhe im Vergleich zu den weiter oben liegenden Brücken hängt dies vermutlich massgeblich mit der Fachwerkausbildung der Eisenbahnbrücke zusammen.

Erhöhtes Risiko bei Fachwerkbrücken

Bei der Beurteilung einer Brücke hinsichtlich der Gefahr einer Verklausung, spielt somit die konstruktive Ausbildung der Brücke sowie beispielsweise das Vorhandensein untergehängter Leitungen eine entscheidende Rolle. Die Abschätzung der Verklausungswahrscheinlichkeit kann nur einen ersten Anhaltspunkt für die Gefahrenbeurteilung liefern, da hier die Ausbildung der Brücke nicht miteinbezogen wird. Die Analysen nach dem Hochwasser 2005 zeigen, dass ein genügend grosser Gerinnequerschnitt unter der Brücke, eine glatte Untersicht und eine Verschalung der Brücke ein Durchleiten des Schwemmholzes begünstigen.

Ausbildung der Brücke
spielt entscheidende Rolle

5.2.7 Intervention

Während des Auguthochwassers 2005 wurde an verschiedenen Brücken und Wehren versucht, mittels Intervention das Hängenbleiben von Holz zu verhindern (z. B. Linthbrücken am Escherkanal, Brücke Mühlau an der Reuss). Vor allem in Talflüssen wurde mit Hilfe von Baggern oder Greifern das Holz, das sich an Brücken verkeilte, unter den Brücken hindurchgedrückt. Für diese Art der Notmassnahme war die Zugänglichkeit mit grossen Maschinen Voraussetzung. Die Massnahmen zum Durchleiten des Holzes zum Schutz eines einzelnen Bauwerkes sind jedoch nur lokal wirksam, da das Schwemmholz dadurch flussabwärts verlagert wird, wo unter Umständen noch grössere Probleme auftreten können. Bei Wehren, an denen sich das Holz in Form von Schwemmholzteppichen ablagerte, wurde versucht, das Holz vom Ufer oder von der Wehrbrücke aus zu entfernen. Bei guter Zugänglichkeit und geringen Fliessgeschwindigkeiten, wie es beispielsweise beim Wehr in Bremgarten-Zufikon der Fall war, hat sich die Interventionsmethode mittels Greifern und Baggern gut bewährt.

Interventionsmethoden
bei Talflüssen

Beim Wehr Perlen mussten infolge der Umströmung des Wehres (Abb. 5.4) die Interventionen mittels Maschinen vom Ufer aus eingestellt werden. Bei abklingendem Hochwasser wurde daraufhin versucht, die Verklausung des mittleren Wehrfeldes zu sprengen (Abb. 5.12). Doch auch mit der Sprengung war es nicht möglich, die Verklausung vollständig zu lösen. Die Bäume mussten daraufhin einzeln zersägt und mit Greifern entfernt werden. Im Mattequartier musste die Entfernung des Schwemmholzes ebenfalls vorübergehend eingestellt werden, da die Aare infolge Rückstaus linksseitig ausuferte und den Interventionsplatz überschwemmte. Bei der Scherzligschleuse in Thun wurde versucht, die verkeilten Baumstämme mittels Motorsäge zu zerkleinern und so die Verklausung zu lösen. Interventionen mittels Sprengungen und Motorsägen waren im Allgemeinen sehr zeitintensiv und führten daher nicht zu einer raschen Lösung. Zudem waren sie mit einer grossen Gefahr für die direkt Beteiligten verbunden.

Die anfallende Schwemmholzmenge in den Gebirgsflüssen war meist nicht zu bewältigen (z. B. Grosse Melchaa, Chirel, Landquart). Eine bereits bestehende Verklausung konnte infolge des stark verkeilten Holzes und des grossen Strömungsdrucks nicht mehr gelöst werden. In Sarnen musste die Intervention an der Eisenbahnbrücke eingestellt werden (Abb. 5.1), da die Grosse Melchaa aufgrund der Verklausung über die seitlichen Dämme ausbrach.

Interventionsmethoden bei
Gebirgsflüssen

Bei allen betroffenen Seen konnte das Schwemmholz grösstenteils durch eine rasche Intervention im Einmündungsbereich zurückgehalten werden. Für den Rückhalt haben sich dabei Schwemmgutsperrern sehr gut bewährt (Kap. 5.2.9). Ohne Intervention verteilte sich das Schwemmholz infolge Wellengangs und Wind sehr schnell über den See (z. B. Sarner- und Bielersee) und hat so z. T. die Schifffahrt gefährdet und sich in den Uferzonen festgesetzt.

Schwemmgutsperrern in Seen
haben sich bewährt

5.2.8 Räumung

Nachfolgend wird detailliert auf die Räumung des Schwemmholzes aus dem Thuner-, Briener-, Vierwaldstätter-, Urner- sowie dem Sarnersee eingegangen. Die Menge des geräumten Holzes ist dabei immer in m³ Lockervolumen angegeben. Im Weiteren werden die Räumungsmethoden von Verkläuerungen an Wehren und Brücken aufgezeigt. Dabei wurden Beispiele ausgewählt, die gut dokumentiert sind und auch Aussagen über die Kosten zulassen. Aussagen über die Räumung von Schwemmholzansammlungen im Uferbereich entlang oder direkt in den Gerinnen können aufgrund fehlender Angaben nicht getroffen werden.

5.2.9 Räumung von Schwemmholz in Seen

In den Fällen, wo die Ausbreitung des Schwemmholzes mit Hilfe von Schwemmgutsperrern verhindert wurde, erfolgte die Räumung aus den Seen sehr effizient mit Entnahmeschiffen (Pontons, Nauen), die mit Baggern und Greifern ausgerüstet waren. Da in einem See die Fliessgeschwindigkeit praktisch null beträgt, trieb das Holz lose an der Oberfläche, wodurch es bei der Entnahme keine Probleme gab. Am Ufer wurde das Holz dann auf Lastwagen umgeladen und an Zwischenlagerplätze transportiert.

Räumungsmethoden

Im Kanton Bern wurden mittels mobiler Schwemmgutsperrern auf dem Thunersee 17'000 m³ und auf dem Brienersee 8500 m³ Schwemmholz zurückgehalten (Abb. 5.8). Somit konnte die Gefahr bei den Schleusen in Interlaken und Thun verringert werden. Dazu mussten jedoch die Schwemmgutsperrern von anderen Kantonen angefordert sowie behelfsmässige Sperrern eingesetzt werden. Da alle Sperrern schliesslich auf dem Thuner- und Brienersee eingesetzt wurden, konnte das Schwemmholz auf dem Bielersee nicht effizient an der Ausbreitung gehindert werden. Ungefähr 5000 m³ Schwemmholz verteilten sich daher auf dem Bielersee und gelangten in die Uferzonen, wodurch die Kosten für die Räumung markant anstiegen.

Thuner- und Brienersee

Im Einmündungsbereich der Engelberger Aa in den Vierwaldstättersee wurden ebenfalls mittels auf Ponton installierten Greifern 1000 m³ Schwemmholz aus dem See entfernt (Abb. 5.9). Da keine Schwemmgutsperrern vorhanden waren, war ein sofortiges Eingreifen nötig, um die Sicherheit der Schifffahrt zu gewährleisten. Abgetriebene Baumstämme wurden von Militärbooten aus einzeln aus dem See entfernt.

Vierwaldstättersee

Abb. 5.8 > Schwemmholzteppich beim Kanderdelta im Thunersee BE.

Rund 17'000 m³ Schwemmholz wurden mit Schwemmgutsperren im Kanderdelta zurückgehalten.



Foto: Wasserwirtschaftsamt Kanton Bern

Abb. 5.9 > Räumung des Schwemmholzes aus dem Vierwaldstättersee bei Buochs NW.

Die Entnahme mit Greifern hat sich bei den betrachteten Seen gut bewährt.



Foto: Amt für Wald und Energie / Tiefbauamt Kanton Nidwalden

Ebenfalls ohne den Einsatz von Schwemmgutsperren wurde ca. 8000 m³ Holz aus dem Sarnersee entfernt. Viel Holz verteilte sich über den See, bildete lose Ansammlungen oder lagerte sich an Schilfgürteln und Uferzonen ab (Abb. 5.10). Dieses Holz musste dann unter grossem Aufwand aus dem See entfernt werden.

Sarnersee

Abb. 5.10 > Schwemmholzablagerungen bei der Mündung der Grossen Melchaa in den Sarnersee OW.

Da keine Schwemmgutsperren zum Einsatz kamen, lagerte sich das Schwemmholz im Uferbereich und in den Schilfgürteln ab.



Foto: Schweizer Luftwaffe

Abb. 5.11 > Räumung des Schwemmholzes bei der Matteschwelle in Bern.



Foto: Feuerwehr Stadt Bern

Aus dem Urnersee wurden ca. 10'000 m³ Schwemmholz entfernt. Der grösste Teil des Holzes konnte durch auf Pontons installierten Greifern entfernt werden. Kleine Schwemmholzansammlungen wurden mit Hilfe von behelfsmässigen Sperren, die zwischen zwei Booten befestigt wurden, auf dem See gesammelt und ans Ufer geschleppt. Die komplette Räumung kleiner Stämme und Äste im Bereich der Ufer und Schilfgürtel nahm etwa zwei Wochen in Anspruch.

Urnersee

5.2.10 Räumung von Verklausungen und Gerinnen

Die Entfernung von Verklausungen bei Brücken hat sich während des Augusthochwassers 2005 als sehr schwierig gestaltet, da das Holz infolge des Strömungsdruckes sehr stark ineinander verkeilt war. Die Schwemmholzansammlungen vor den meisten Wehren in Talflüssen (Bremgarten-Zufikon, Windisch, Matteschwelle Bern) verhielten sich ähnlich wie diejenigen in Seen. Bei gegebener Zugänglichkeit war dort die Räumung mit grossen Maschinen gut möglich (Abb. 5.11). Beim Wehr Perlen konnte jedoch auch mit schweren Baumaschinen das Holz nicht entfernt werden, und auch eine Sprengung blieb ohne Erfolg. (Abb. 5.12). Bei der Mühleschleuse in Thun mussten die Bäume von Hand zersägt werden (Abb. 5.13).

Aufwendige Räumung
der Verklausungen

Abb. 5.12 > Sprengung der Verklausung beim Wehr Perlen, Kt. LU.



Foto: P. Henz, Perlen Papier AG

Abb. 5.13 > Räumung der Mühleschleuse in Thun, Kt. BE.



Foto: Wasserwirtschaftsamt Kanton Bern

Über die Räumung von Schwemmholz aus Wildbächen und Schluchtstrecken oder entlang der Flussufer sind keine detaillierten Angaben vorhanden.

5.2.11 Entsorgung

Probleme bei der Entsorgung und speziell bei der Verbrennung von Schwemmholz bildeten Fremdbestandteile wie Altreifen, Eisen, Plastik sowie der hohe Mineralanteil. Infolge der z. T. langen Transportstrecken in den Flüssen war das Schwemmholz stark mit Sand und Silt verschmutzt. Tab. 5.2 gibt eine Zusammenstellung der angewandten Entsorgungsmassnahmen inklusive der ungefähr angefallenen Kosten. Die Kosten beinhalten dabei sowohl den Aufwand für die Räumung des Schwemmholzes als auch für dessen Entsorgung.

Verschmutztes Schwemmholz für Verbrennung nicht geeignet

Tab. 5.2 > Geräumte Schwemmholzvolumina an verschiedenen Orten, angewandte Entsorgungsmassnahmen sowie grob geschätzte Kosten für die Räumung und Entsorgung.

Ort	Schwemmholzvolumen locker [m ³]	Entsorgung	Kosten [CHF]
Thuner-, Briener- und Bielersee	31'000	Holzschnitzel für Prozess- und Heizwärme, Rohstoff für Spanplatten	2'300'000
Vierwaldstättersee	1'000	Deponie	150'000
Urnersee	10'000	Geschreddert, Deponie	630'000
Sarnersee	7'000	Geschreddert, Deponie, kleiner Teil Holzschnitzel	142'000
KW Bremgarten-Zufikon	3'000	Holzschnitzel für Heizungen	400'000
Wehr Windisch	3'000	Holzschnitzel als Abdeckmaterial	120'000
Wehr Perlen	1'000	Holzschnitzel	130'000
Wehr Matteschwelle Bern	1'200	Holzschnitzel für Heizwärme	65'000
Aufweitung Chamau	500	Schnitzel für Landschaftsgärtnerei	19'000
Klosters	14'000	Geschreddert, Rohstoff für Spanplatten	300'000

Fast überall wurde das Schwemmholz geschreddert und zu Holzschnitzeln verarbeitet. Nachfolgend wird etwas genauer auf die Schwemmholzverwertung am Brienersee eingegangen, bei der das Schwemmholz nach einer speziellen Aufbereitung verbrannt werden konnte.

Mehrheitlich Schnitzelherstellung

Rund 8600 m³ Schwemmholz aus dem Brienersee wurden zwischengelagert und in vier Arbeitsgängen zu 7800 m³ Holzschnitzel verarbeitet. Nach einer Vorsortierung wurde das Holz zerrissen, mit einem 25 mm und einem 10 mm Lochsieb gesiebt und schliesslich gehackt (Abb. 5.14 und Abb. 5.15). Der verbleibende, nicht zur Verbrennung geeignete Siebrestanteil, betrug nur noch rund 300 m³ und wurde zur Rekultivierung verwendet. Die Holzschnitzel wurden kostenlos ans benachbarte Holzschnitzel-Fernheizwerk abgegeben und unter Beimischung von je einem Drittel Frisch- und Altholz verbrannt. Der gesamte Verarbeitungsprozess des Schwemmholzes dauerte rund vier Wochen. Die Kosten für die Verarbeitung betragen 240'000 CHF, also ca. 30 CHF pro m³ hergestellte Holzschnitzel.

Brienersee

Ein kleiner Teil des Schwemmholzes aus dem Sarnersee wurde nach dem Augusthochwasser 2005 in einer Spezialschnitzelheizung in Sachseln verbrannt. Da die Kosten für eine Verbrennung des Holzes jedoch sehr gross waren, wurde der Grossteil des Schwemmholzes auf einer Deponie entsorgt.

Sarnersee

Abb. 5.14 > Schnitzelherstellung mittels mobilem Grosshacker auf dem Flugplatz Bönigen, Kt. BE.



Abb. 5.15 > Zwischenlager der Holzschnitzel auf dem Flugplatz Bönigen, Kt. BE.



Fotos: Wasserwirtschaftsamt Kanton Bern

Aus dem angefallenen Schwemmholz beim Kraftwerk Bremgarten-Zufikon wurden Schnitzel hergestellt. Bei der Verbrennung in kleinen Heizungen nach dem Augusthochwasser 2005 ergaben sich jedoch Probleme infolge des vorhandenen Eisenanteils und ausserdem war der Anfall an Asche sehr gross. Zukünftig anfallende Schwemmholzmengen sollen in einer neu geplanten Grossheizung verbrannt werden.

Kraftwerk Bremgarten-Zufikon

5.2.12 Folgerungen

Bei fast der Hälfte der untersuchten Brücken kam es während des Hochwasserereignisses vom August 2005 zu Problemen mit Schwemmholz. In Gebirgsflüssen ist dabei meistens der Querschnitt für ein schadloses Durchleiten des Holzes zu klein und es kommt daher zu Holzansammlungen und Verklausungen. Geschiebeablagerungen und das Hängenbleiben von Holz im Bereich der Brücken begünstigen sich dabei gegenseitig. In Talflüssen ergeben sich Probleme mit Schwemmholz hauptsächlich bei den Wehren. Verklausungen von einzelnen Wehrfeldern führen dort zu einem Aufstau und – je nach den örtlichen Gegebenheiten – zu einer Ausuferung der Talflüsse. Brücken über Talflüsse sind v. a. durch anprallendes Schwemmholz gefährdet.

Problemstellen

Durch Berechnung der Verklausungswahrscheinlichkeit und zusätzlichem Einbezug der Brückenausbildung können potenzielle Schwachstellen erkannt werden. Fachwerkausbildungen, offene Konstruktionen sowie Werkleitungen unter den Brücken begünstigen die Bildung von Holzansammlung bzw. die Ausbildung einer Verklausung. Ein schadloses Weiterleiten des Holzes kann mit einer Verschalung der Stirnseite, einer glatten Ausbildung der Brückenuntersicht sowie einem gleichmässigen Gerinneprofil im Bereich der Brücke erreicht werden.

Einfluss der Bauwerksausbildung

Bei Gebirgsflüssen ist eine Intervention während des Ereignisses, beispielsweise das Verhindern oder Lösen einer Verklausung, sehr schwierig. In Talflüssen können mit Hilfe von Baggern oder Greifern Holzansammlungen vor Brücken gelöst und so ein Weiterleiten des Schwemmholzes erreicht werden. Das Problem wird auf diese Weise jedoch nur flussabwärts verlagert. Die Intervention kann nur eine lokale sowie notfallmässige Lösung darstellen.

Intervention

Prinzipiell sind Seen geeignete Orte für die Entfernung des Schwemmholzes. Entnahmeschiffe und Greifer sind eine bewährte Methode der Räumung. Mit den Schwemmgutsperren besteht zudem eine effiziente Möglichkeit, das Schwemmholz an der Ausbreitung zu hindern. Um die Verteilung des Holzes auf dem See zu verhindern, ist jedoch ein sofortiges Eingreifen erforderlich.

Räumung aus Seen

Die Analyse der Probleme während des Hochwassers im August 2005 zeigt, dass für eine ganzheitliche Lösung der Schwemmholzproblematik das gesamte Einzugsgebiet betrachtet werden muss. Dazu sind Abschätzungen des Schwemmholzaufkommens im Einzugsgebiet und die Kenntnis der kritischen Stellen sowie geeigneter Ablagerungsorte entlang der Flüsse erforderlich. Nur so ist es möglich, ein integrales Schwemmholzkonzept zu erarbeiten und optimale Massnahmen zu planen.

Ganzheitliche Betrachtung
notwendig

Die während des Hochwasserereignisses 2005 abgelaufenen Prozesse bei der Ansammlung oder der Verklausung von Schwemmholz an einem Hindernis entsprechen im Grunde den bisherigen Erfahrungen. Die Menge an transportiertem Holz sowie die daraus resultierende hohe Anzahl an Problemstellen in Talflüssen waren jedoch aussergewöhnlich. Um solche Schwachstellen in Zukunft zu reduzieren, ist eine Beurteilung aller Brücken und Wehre hinsichtlich des Verhaltens von Schwemmholz an Engstellen unerlässlich.

Lokal hohe Intensitäten

5.3 Wellenbildung im Traversensystem – Fallbeispiel Kleine Schliere

Peter Rutschmann, Georg Premstaller, Gian Reto Bezzola

5.3.1 Einführung

Bei aussergewöhnlichen Abflüssen können hydraulische Phänomene auftreten, die sonst nicht so ausgeprägt sind – Phänomene, welche die Kapazität eines Fließabschnittes limitieren, bevor die mittels herkömmlicher Berechnungsansätze ermittelte Abflusskapazität erreicht wird. Ein solches Phänomen soll nachfolgend beschrieben werden, mit dem Ziel, dessen Erscheinungsform und die Gründe seiner Entstehung zu erklären sowie mögliche Massnahmen zu dessen Beeinflussung aufzuzeigen.

Aussergewöhnliche
hydraulische Phänomene