

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 95 (2003)  
**Heft:** 11-12

**Artikel:** Totholz und Schwemmgut : entsorgungspflichtig oder ökologisch wertvoll  
**Autor:** Tockner, Klement / Peter, Armin / Langhans, Simone  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939505>

### **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**

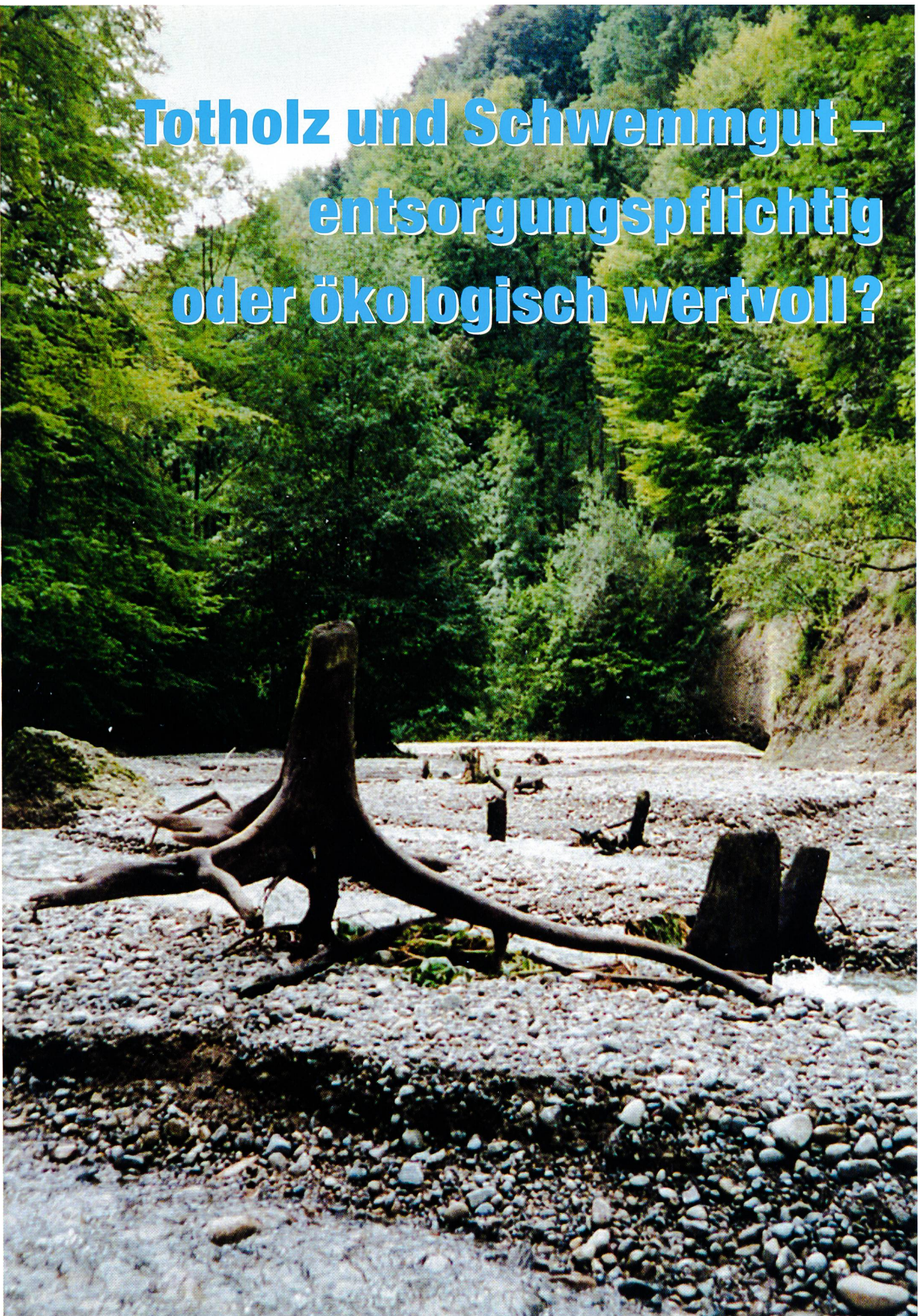
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media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

**Download PDF:** 07.02.2026

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



# Totholz und Schwemmgut – entsorgungspflichtig oder ökologisch wertvoll?





# Beiträge zum Symposium

der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag)

sowie

der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL)

vom 7. Dezember 2002 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

## Einführung

Dr. Klement Tockner und Dr. Armin Peter, Eawag, Dübendorf

Totholz und Schwemmgut spielen in Fließgewässern eine zentrale Rolle für den Erhalt der ökologischen Integrität und somit der biologischen Vielfalt. Dennoch wird es im Rahmen der ordnungsgemässen Gewässerunterhaltung praktisch vollständig und zum frühestmöglichen Zeitpunkt entfernt.

Aus unterschiedlichen Gründen ist dieses Entnahmegebot aber zu hinterfragen. Ökologisch, weil damit der Lebensraum für Fauna und Flora massiv beeinträchtigt wird. Ökonomisch, weil die derzeitige Entnahme in Art und Ausmass auch aus Schutzgründen nicht zu rechtfertigen ist. Bereits in vielen Ländern Europas findet daher ein Umdenken statt. Schwemmgut wird wieder aktiv in die Bäche und Flüsse flussab von Kraftwerks- und Stauanlagen eingebracht. Totholz wird gezielt für die Revitalisierung von Fließgewässern eingesetzt. Auch die Bedeutung des Totholzes für den Sedimentrückhalt und somit für den Hochwasserschutz wird verstärkt wahrgenommen.

Im Rahmen einer von der Eawag (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) gemeinsam mit der SGHL (Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie) veranstalteten eintägigen Tagung an der ETH Zürich (Dezember 2002) sind die Erkenntnisse der Wissenschaft den Anforderungen und Grenzen der Praxis gegenübergestellt worden. Es haben Kraftwerksbetreiber, Ökologen, Wasserbauer und politische Entscheidungsträger über die Bedeutung und Problematik des Totholzes referiert.

In den nachfolgenden Artikeln sind die Ergebnisse dieser Tagung zusammengefasst. Wir hoffen, dass wir damit auch einen Beitrag zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung des Totholzes in unseren Fließgewässern liefern können.

## Inhalt

Die ökologische Bedeutung des Schwemmgutes – Klement Tockner, Simone Langhans	Seite 353
Renaturierung von Fließgewässern mit Totholz – Jochem Kail, Daniel Hering	Seite 355
Fische lieben Totholz – Armin Peter	Seite 358
Umgang mit Schwemmholtz im Wasserbau – Gian Reto Bezzola, Daniela Lange	Seite 360
Entsorgungspflicht versus Nutzen von Totholz im Gewässer – ein Interessenkonflikt für die Wasserkraft – Walter Hauenstein	Seite 363
Neuinterpretation der Schwemmgutbehandlung an Wasserkraftanlagen in der Bundesrepublik Deutschland? Stephan Heimerl, Jürgen Giesecke, Karlheinz Kibele	Seite 366
Bedeutung des Schwemmgutes für Kleinkraftwerke unter besonderer Beachtung des Totholzes – Hanspeter Leutwiler	Seite 368
Le bois mort, un élément nouveau à prendre en compte dans la gestion des cours d'eau français – Hervé Piégay	Seite 370
Schwemmholtz und Hochwasserschutz – Peter Heiniger, Armin Petrascheck	Seite 373



# Die ökologische Bedeutung des Schwemmgutes

■ Klement Tockner, Simone Langhans

## Zusammenfassung

Totholz und Schwemmgut im Gewässer sind kostengünstige und effiziente «ökologische Ingenieure», die die biologische Vielfalt, die ökologische Vernetzung und den Austausch mit dem Grundwasser massgeblich fördern. Es ist an der Zeit diese Leistungen in Anspruch zu nehmen.

## 1. Schlüsselement Schwemmgut

Neben Geröll und Feinsedimenten transportieren Bäche und Flüsse grosse Mengen an Falllaub, Früchten, abgebrochenen Ästen und kompletten Bäumen. Dieses Schwemmgut wird entlang der Ufer und im Flussbett abgelagert und bildet teils ausgedehnte Geniste. Ein eindrucksvolles Beispiel für diese Ablagerungen war etwa der 265 km lange und durchgehende Totholzteppich am Red River in Louisiana (USA), der so genannte «Great Raft». Dort wurde allerdings innerhalb von vier Jahren das gesamte Material durch Menschenhand entfernt. Heutzutage fehlen Schwemmgut und Totholz in den meisten Bächen und Flüssen Mitteleuropas. Im Rahmen der ordnungsgemässen Gewässerunterhaltung wird es praktisch vollständig und zum frühestmöglichen Zeitpunkt entnommen oder bereits im Einzugsgebiet konsequent entfernt. Zwei Beispiele: Beim österreichischen Kraftwerk Aschach werden im jährlichen Durchschnitt 12 000 m<sup>3</sup> Schwemmgut der Donau entnommen. Beim Hochwasser 2002 wurden alleine im deutschen Abschnitt der Oberen Elbe 450 000 m<sup>3</sup> Schwemmmaterial entsorgt, was etwa 20 000 Lastwagenfahrten entspricht.

## 2. Schwemmgut: «Hotspot» der Biodiversität in Fliessgewässern

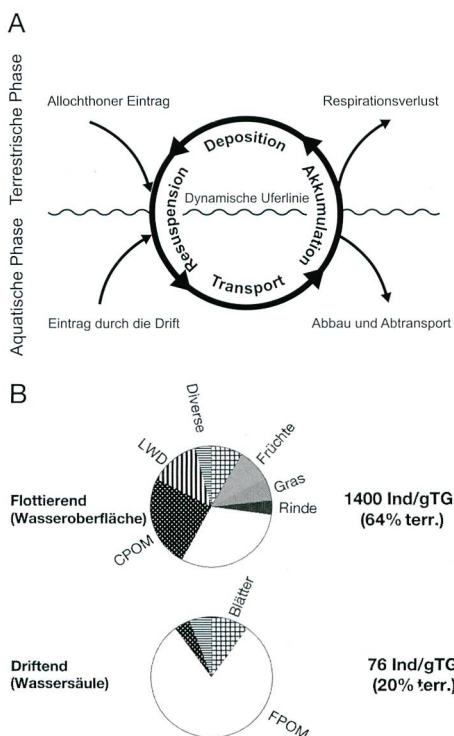
Für Fliessgewässer spielt Schwemmgut eine zentrale ökologische Rolle als energetisches Vernetzungsglied zwischen Land und Wasser, als dynamisches Ausbreitungs- und Etablierungsmedium für Fauna und Flora und als Lebensraum für artenreiche Biozönosen. Grundlage für die ökologische Bedeutung des Schwemmgutes ist der stete Wechsel zwischen Anlandung und Wasserpassage (Tockner et al. 2000; Bild 1A). Bei jedem Was-

serstand und insbesondere bei Hochwasser wird schwimmfähiges Material von den Gewässeruferräumen aufgenommen, transportiert und flussab wieder abgelagert. Mit dem Schwemmgut findet ein in Menge und Qualität spektakulärer Massentransport statt. Samen und Pflanzenteile, aber auch Heuschrecken, Spinnen, Schnecken und Kleinsäuger werden in grosser Zahl und teils über lange Distanzen mit dem Schwemmgut flussabwärts getragen (Gerken et al. 1999). Untersuchungen entlang des Tagliamento (Friaul, Italien) zeigen, dass ein erheblicher Anteil der mit dem Schwemmgut transportierten Organismen terrestrischen Ursprungs ist (Bild 1B). Im Vergleich zur Drift werden mit

dem Schwemmgut im Mittel zwanzigmal mehr Organismen befördert. Bei erhöhtem Wasserstand wird das Schwemmgut zum Teil über beträchtliche Distanzen verfrachtet. Entlang des Tagliamento konnten noch 80 km von der Quelle entfernt viele alpine Arten in Hochwassergenisten nachgewiesen werden. Alpine Pflanzengesellschaften können sich entlang der Fliessgewässer weit in den Unterlauf ausbreiten und damit ihren Lebensraum erweitern («Alpenschwemmlinge»; Bill 2000). Auch in Tieflandflüssen wie der Weser werden einige Tausend Laufkäfer mit jedem Stück morschen Treibholz transportiert, und in den Feingenisten entlang der Ufer finden sich bis zu 10 Millionen keimfähige Samen je 100 m Gewässerlänge (Gerken 1988). Aus Schwemmgutproben der Donau konnten insgesamt 82 aquatische und 168 terrestrische Taxa identifiziert werden (Panek & Siegel 1996).

Wird Totholz und Schwemmgut entlang der Ufer als Spülsaum und als Geniste abgelagert, kommt es zu einer raschen Besiedlung durch Laufkäfer oder Kurzflügelkäfer, später auch von Ameisen, Wanzen oder Springschwänzen. Totholzablagerungen und Geniste sind Paradiese für Tier und Pflanze, daher auch bevorzugte Sammelstellen für Entomologen und Malakologen. Hochwassergeniste sind Sonderstandorte, die eigentlich nicht entfernt werden dürfen. Diese Geniste bieten einmalige Trockenlebensräume etwa für Amphibien und Kleinsäuger in einer Auenlandschaft. Schwemmgut und Totholzablagerungen bilden «Hotspots» der ökologischen Vielfalt in Flüssen und Auen.

Totholz und Schwemmgut erhöhen die Lebensraumvielfalt für viele aquatische und an Land lebende Organismen. So sind die Artenzahl und die Dichte an Amphibien, Fischen und Kleinsäufern in Abschnitten mit Totholz um ein Mehrfaches höher als in ausgeräumten Gewässern. Totholz und Schwemmgut sind aber nicht nur vielfältiger Lebensraum (z.B. Versteck und Ruheplatz für Kleinsäuger), sondern sind auch Refugien und Rückzugsgebiete während Hochwasser und Austrocknung. Auch für die Selbstreinigungskraft, insbesondere von grösseren Fliessgewässern, ist Schwemmgut von besonderer Bedeutung. In Schwemmgutablagerungen ist die Abbaurate des organischen Materials bis zu dreimal höher (Hedin 1990).



**Bild 1. A: Schematische Darstellung der Schwemmgutdynamik entlang der Gewässerufer (dynamische Uferlinie). B: Tagliamento (Friaul, Italien): relative Zusammensetzung des Schwemmgutes (flottierendes Material) und des driftenden Materials (Wassersäule), die mittlere Anzahl an Organismen je g Trockengewicht organischer Materials (gTG) und der relative Anteil (%) terrestrischer Organismen (inklusive terrestrischen Stadien aquatischer Insekten). n = 16 (K. Tockner & S. Langhans, unveröffentlichte Daten).**

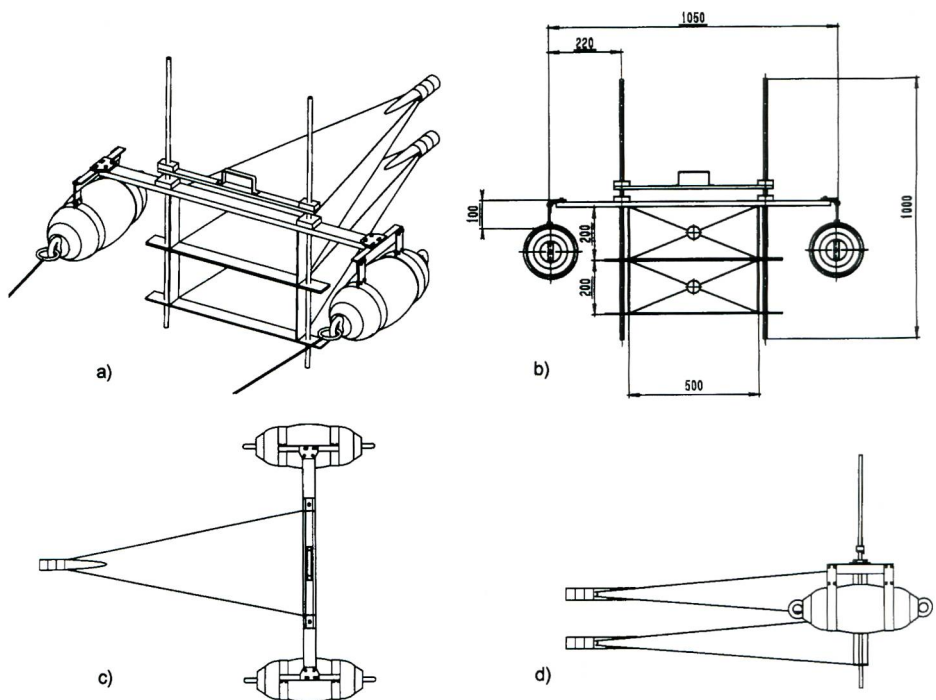


### 3. Umdenken in der Schwemmgutbewirtschaftung

Im Artikel 41 des Gewässerschutzgesetzes 1991 (GSchG) steht, dass Treibgut, das aus betrieblichen Gründen dem Gewässer entnommen wird, nicht ins Gewässer zurückgegeben werden darf. Die Behörde kann Ausnahmen bewilligen. Der Inhaber einer Stauanlage muss das Treibgut nach den Anordnungen der Behörde im Bereich seiner Anlagen periodisch einsammeln. Dieses Entnahmegebot ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht dringend zu hinterfragen. Die Entnahme des Schwemmgutes bei Kraftwerksanlagen ist zwar gesetzlich geregelt, stellt jedoch einen massiven Eingriff in den ökologischen Haushalt der Fließgewässer dar. Andersson et al. (2000) zeigen, dass Stauhaltungen die Menge des Schwemmgutes um bis zu 90% reduzieren, was zu einer signifikanten Abnahme der lokalen und regionalen Vielfalt der Ufervegetation führt. Seit einigen Jahren findet in vielen Ländern Europas ein Umdenkprozess in Bezug auf die Bewirtschaftung von Totholz und Schwemmgut statt. Schwemmgut wird wieder aktiv in die Bäche und Flüsse flussab von Kraftwerks- und Stauanlagen eingebracht. Eine veränderte Schwemmgutbewirtschaftung in Form einer kontinuierlichen Wiedereinspeisung ins Unterwasser eines Stauwerkes – nach Entfernung des Zivilisationsmülls – könnte einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der ökologischen Integrität eines Flusses leisten. Zugleich würden auch die Betriebskosten für Kraftwerksbetreiber sinken. Eine Überprüfung der derzeitigen gesetzlichen Situation ist daher aus ökologischer und ökonomischer Sicht wünschenswert (z.B. Giesecke & Heimerl 2000). Um die Anforderungen des Hochwasserschutzes mit der Aufrechterhaltung ökologischer Funktionen der Gewässer in Einklang zu bringen, wird daher eine flexible Gesetzgebung gefordert.

### 4. Schwemmgut als ökologischer Indikator

Schwemmgut kann als sensibler Indikator für die ökologische Vernetzung zwischen Einzugsgebiet und Fließgewässerkorridor angesehen werden. Die Menge, die stoffliche Zusammensetzung und die Besiedlung des Schwemmgutes bieten einen wesentlichen Aufschluss zur ökologischen Integrität des gesamten Flusskorridors. So kann aus der Zusammensetzung der Diasporen (Verbreitungsstadien der Pflanzen wie Samen und Früchte) und der transportierten Fauna ein Rückschluss auf die biologische Vielfalt des Flusskorridors gezogen werden. Um das Schwemmgut als Indikator für die Bewertung von Fließgewässern auch in der Praxis einzu-



**Bild 2. Der «Minineustonsampler» zur Besammlung des Schwemmgutes (Angaben in mm). a) Diagonalansicht, b) vermessene Frontalansicht, c) Ansicht von oben, d) Seitenansicht (aus: Langhans, 2000; gezeichnet von G. Helbling).**

setzen, ist noch Forschungsbedarf nötig. Im Rahmen einer Diplomarbeit (Langhans 2000) wurde eine innovative Sammelmethode entwickelt, welche eine gezielte Beprobung des Schwemmgutes ermöglicht. Damit ist eine einfache Beprobung des Schwemmgutes gewährleistet. Was fehlt, sind koordinierte Untersuchungen, die den Zusammenhang zwischen regionaler Biodiversität, Gewässerverbauung und Schwemmgutdynamik beschreiben.

#### Literaturhinweise

- Andersson, E., Nilsson, C. & Johansson, M. E. (2000): Effects of river fragmentation on plant dispersal and riparian flora. *Regulated Rivers* 16: 83–89.
- Bill, H.-C. (2000): Besiedlungsdynamik und Populationsbiologie charakteristischer Pionierpflanzenarten nordalpiner Wildflüsse. Dissertation, Philipps-Universität, Marburg.
- Gerken, B. (1988): Auen – verborgene Lebensadern der Natur. Rombach, Freiburg.
- Gerken, B., Böttcher, H., Böwingloh, F., Dörfer, K., Leushacke-Schneider, C., Robinson A. & Wienhöfer, M. (1999): Treibgut und Genist – Landschaftsmüll oder Quelle und Antrieb dynamischer Lebensvorgänge in Auen? Unveröffentlichter Bericht Projektgruppe Weserniederung.
- Giesecke, J., Heimerl, S. (2000): Treibgut an Wasserkraftanlagen – ist die vollständige Entnahme heute noch zeitgemäss? *Wasserwirtschaft* 90, 294–299.
- Hedin, L. O. (1990): Factors controlling sediment community respiration in woodland stream ecosystems. *Oikos* 57: 94–105.

- Langhans, S. (2000): Schwemmgut: Indikator der ökologischen Integrität einer Flusssäule. Tagliamento, Italien. Diplomarbeit, ETH Zürich.
- Panek, K. & Siegl, W. (1996): Auswirkungen von Schwemmgutentnahmen am Beispiel des Donaukraftwerks Altenwörth. *DGL-Tagungsband (Schwendt/Oder)* 1: 107–111.
- Tockner, K., Malard, F. & Ward, J. V. (2000): An extension of the flood pulse concept. *Hydrological Processes* 14: 2861–2883.

#### Anschrift der Verfasser

Dr. Klement Tockner, Dipl. Biol., Simone Langhans, Abteilung für Limnologie, Eawag, CH-8600 Dübendorf, E-Mail: tockner@eawag.ch



# Renaturierung von Fliessgewässern mit Totholz

■ Jochem Kail, Daniel Hering

## Zusammenfassung

*Totholz beeinflusst alle wichtigen Systembausteine des Ökosystems Fliessgewässer. Daher können bei Renaturierungsprojekten durch den Einsatz von Totholz eine Vielzahl unterschiedlicher Entwicklungsziele umgesetzt werden. Sie reichen von der generellen Erhöhung der Strukturvielfalt auf längeren Gewässerabschnitten bis hin zu sehr gezielten Einzelmassnahmen, wie beispielsweise der lokalen Ufersicherung. Werden diese Massnahmen möglichst naturnah durchgeführt, lassen sich oft weitere positive Nebeneffekte nutzen, die über das eigentliche Entwicklungsziel hinaus zu einer ökologischen Aufwertung des Gewässers führen. Des Weiteren lassen sich dadurch die im Vergleich zu baulich-gestalterischen Massnahmen ohnehin geringen Kosten oft noch weiter verringern. Die von im Gewässer belassenem oder aktiv eingebrachtem Totholz ausgehenden Gefahren müssen bei der Planung der Massnahmen berücksichtigt werden. Sie können jedoch in vielen Fällen durch geeignete Schutzkonzepte auf ein tolerierbares Mass verringert werden. Weiterführende Informationen und Literatur zu Totholz in Fliessgewässern, die Beschreibung der Wirkungen von Totholz und die Erläuterung konkreter Renaturierungsmassnahmen finden sich auf der Website der Autoren ([www.Totholz.de](http://www.Totholz.de)).*

## 1. Einleitung – Warum Renaturierung mit Totholz?

Totholz ist ein wichtiger gewässerökologischer Faktor, der das Erscheinungsbild natürlicher Fliessgewässer massgeblich bestimmt. Durch die strömungsmodifizierende Wirkung werden wichtige morphologische Strukturen wie Kolke, Bänke, Uferabbrüche oder Inseln auf natürliche Weise geschaffen und so die eigendynamische Entwicklung der Gewässer gefördert. Aber auch andere Systembausteine des Ökosystems Fliessgewässer, wie etwa die Hydrologie, Hydraulik und der Stoffhaushalt, werden durch Totholz in hohem Masse beeinflusst. Die Bedeutung von Totholz im Ökosystem Fliessgewässer wurde im Nordwesten der USA in den letzten Jahrzehnten eingehend untersucht (zu-

sammenfassende Darstellungen in Harmon et al., 1986; Maser & Sedell, 1994; Gurnell et al., 1995). Die Arbeiten zur Wirkung von Totholz auf die Fliessgewässermorphologie (Gregory et al., 1985; Piégay, 1993; Piégay et al., 1999; Gerhard & Reich, 2000; Kail, 2003), Hydraulik (Mutz, 2000) und Besiedlung (Hering & Reich, 1997; Pusch et al., 1999; Hoffmann, 2000; Hoffmann & Hering, 2000; Zika & Peter, 2002) aus dem mitteleuropäischen Raum zeigen, dass Totholz auch in diesem Systembausteine des Ökosystems Fliessgewässer hat.

Aufgrund der oben genannten, sehr vielfältigen Wirkungen kann durch das Belassen oder aktive Einbringen von Totholz die eigendynamische Entwicklung und Besiedlung eines Fliessgewässers auf sehr unterschiedliche Art und Weise gefördert werden. Daher eignet sich Totholz für die Umsetzung einer Vielzahl unterschiedlicher Renaturierungsziele (vgl. Tabelle 1). Des Weiteren ist der Einsatz von Totholz im Gegensatz zu aufwändigen baulich-gestalterischen Massnahmen in der Regel kostengünstiger. Im günstigsten Fall (Unterlassung der Räumung möglich) werden Kosten gespart. Dies ermöglicht den Einsatz von Totholz «in der Fläche», auf langen Gewässerabschnitten. Darüber hinaus entspricht die Förderung der eigendynamischen Entwicklung durch Totholz dem bei der Renaturierung von Fliessgewässern allgemein anerkannten Grundsatz «Selbstenwicklung geht vor Gestaltung» (Kern, 1994; Gunkel, 1996; Patt et al., 1998). Im Gegensatz zur eigendynamischen Entwicklung birgt die Gestaltung von Gewässerstrukturen immer die Gefahr, dass diese falsch dimensioniert werden, wie beispielsweise die baulich-gestalterische Schaffung eines neuen Gewässerverlaufs mit überbreitem Gewässerbett.

## 2. Einsatzmöglichkeiten von Totholz bei Renaturierung von Fliessgewässern

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Wirkungen und Beispiele für daraus resultierende mögliche Entwicklungsziele für die Renaturierung von Fliessgewässern mit Totholz zusammengestellt. In Anlehnung an Verdonschot & Tolkamp (1983) wird der Einfluss von Totholz auf die Lebensgemeinschaften der Fliessgewässer in indirekte und direkte Wirkungen unter-

teilt. Totholz modifiziert die Strömungsverhältnisse und beeinflusst dadurch die Morphologie, Hydrologie und den Stoffhaushalt. Durch die Veränderung der abiotischen Faktoren hat Totholz indirekt Einfluss auf die Biozönosen im Gewässer. Es ist jedoch auch direkter Lebensraum und Nahrungsquelle für das Makrozoobenthos und die Fischfauna. Eine ausführliche Beschreibung der in Tabelle 1 aufgeführten Wirkungen findet sich unter [www.Totholz.de](http://www.Totholz.de) (Bedeutung von Totholz) und bei Gerhard & Reich (2001).

Mögliches Entwicklungsziel ist zum einen die Schaffung einer natürlichen Strukturvielfalt auf längeren Gewässerabschnitten durch das Belassen oder aktive Einbringen von Totholz. Voraussetzung für die Renaturierung durch Belassen von Totholz ist die Flächenverfügbarkeit und das Vorhandensein eines ausreichend breiten und alten Gehölzstreifens, aus dem Totholz in ausreichender Menge ins Gewässer eingetragen wird. Um einen natürlichen Totholzeintrag sicherzustellen, sollte gemäss dem Eintragmodell von Robison & Beschta (1990) die Breite dieser Gehölzstreifen der Baumhöhe des Bestandes entsprechen. Mit zunehmender Gewässergrosse gewinnt der Transport aus dem Oberlauf an Bedeutung für eine ausreichend grosse Totholzmenge im Gewässer (Nakamura & Swanson, 1993). Urbanek et al. (1999) weisen darauf hin, dass dieser notwendige Eintrag aus dem Oberlauf durch Unterbrechung der Durchgängigkeit des Gewässers, z.B. durch Kraftwerke, stark eingeschränkt werden kann. Das Einbringen von Totholz ist notwendig, wenn ein ausreichender Anfall von Totholz aus dem uferbegleitenden Gehölzstreifen und dem Oberlauf nicht gesichert ist.

Neben der Schaffung einer natürlichen Strukturvielfalt lassen sich durch die gezielte Förderung einzelner Wirkungen eine Vielzahl weiterer, sehr viel enger begrenzter Entwicklungsziele umsetzen (vgl. Tabelle 1). Eine Beschreibung konkreter Massnahmen findet sich unter [www.Totholz.de](http://www.Totholz.de) und bei Gerhard & Reich (2001).

## 3. Schutzkonzepte zur Gefahrenabwehr

Der grosse Einfluss von Totholz auf die Morphologie, Hydrologie und Hydraulik von Gewässern birgt neben den positiven Wirkun-



Wirkungen/ Funktionen  Beispiele mögl. Entwicklungsziele	Morphologie					Hydrologie Hydraulik		Stoff- haushalt		Biologie	
	Kolkbildung (Sohlerosion)	Ufererosion	Sedimentrückhalt	Ufersicherung	Stau-Becken Bildung	Retentionswirkung	Schaffung Stillwasserbereiche	Rückhalt org. Material	Selbstreinigung des Gewässers	Lebensraum Fischfauna (Sichtschutz/Unterstand)	Lebensraum/Nahrung Makrozoobenthos
natürliche Strukturvielfalt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Remäandrierung		X		X							
Erhöhung Breitenvarianz		X		X							
Ufersicherung				X							
Sohlanhebung			X		X						
Schaffung Sohlstrukturen	X		X								
direkter Lebensraum Fischfauna										X	
direkter Lebensraum Makrozoobenthos											X

**Tabelle 1. Zusammenstellung der wichtigsten Wirkungen/Funktionen von Totholz in Fließgewässern aus der Literatur und Beispiele für daraus resultierende mögliche Entwicklungsziele für die Renaturierung von Fließgewässern mit Totholz (Unterteilung in indirekte Wirkungen auf Biozönosen durch Veränderung von Morphologie, Hydrologie/Hydraulik sowie Stoffhaushalt und direkte Wirkungen (Biologie) in Anlehnung an Verdonschot & Tolkamp, 1983).**

gen auch Gefahren, wie z.B. die Initiierung unerwünschter morphologischer Entwicklungen, die Erhöhung der Überflutungsgefahr im Oberlauf, die Gefährdung von Freizeitsportlern (z.B. Kanuten) und die Verdriftung und Verklausung des Totholzes an Bauwerken. Die ersten drei der genannten Gefahren treten räumlich sehr eng begrenzt im direkten Umfeld des Totholzes auf, wohingegen die Verdriftung von Totholz eine Gefährdung von weit im Unterlauf befindlichen Gewässerabschnitten darstellt.

Sofern eine Gefährdung vorliegt, kann diese in vielen Fällen durch gezieltes Totholzmanagement auf ein tolerierbares Mass verringert werden. Mögliche Schutzkonzepte sind die Fixierung des Totholzes, der Rückhalt von Schwemmh Holz, die Veränderung von Form und Lage der Totholzstrukturen und die Einrichtung von Übergangsstrecken sowie Kombinationen dieser Schutzkonzepte (Gallistel, 1999; Gerhard & Reich, 2001). Untersuchungen aus den USA zeigen, dass in manchen Fällen eine einmalige bauliche Umgestaltung des gefährdeten Bauwerks kostengünstiger ist als die wiederholte Räumung des Totholzes (Lassettre & Kondolf, 2000).

**Fixierung des Totholzes:** Eine Fixierung des Totholzes ist durch (a) das Verkeilen

in Uferbäumen, (b) die Befestigung an Stahlseilen («cabeling»), (c) das Verpflocken im Gewässerbett, (d) das Beschweren mit Wasserbausteinen oder (e) das Eingraben im Ufer möglich (Gallistel, 1999). Die dadurch bedingte hohe Lagestabilität ist zur Umsetzung bestimmter Entwicklungsziele mit langen Entwicklungszeiträumen (z.B. Remäandrierung) notwendig, verhindert jedoch die natürliche Verlagerung des Totholzes und die damit verbundene Morphodynamik.

**Rückhalt von Schwemmh Holz:** Verklausungen an Bauwerken werden in der Regel durch einzelne, grosse Totholzelemente, so genannte Fänger, ausgelöst. Daher erscheint es sinnvoll, oberhalb von Gefahrenstellen diese grossen Totholzelemente selektiv zurückzuhalten. In den USA werden dazu schon seit einigen Jahren wechselseitig im Uferbereich angeordnete und verankerte Fänger («spider logs») eingesetzt (Gallistel, 1999). In der Schweiz wurden ähnliche Einbauten im hydraulischen Modell bereits erfolgreich getestet (Bezzola, 2001). Nur in wenigen Fällen (Bauwerke mit extrem kleiner Durchflussöffnung) ist ein nahezu vollständiger Schwemmh Holzrückhalt durch Rechen notwendig, welche sich über die gesamte Gewässerbreite erstrecken. Hartlieb & Bezzola (2000) beschreiben verschiedene sol-

cher Rechenkonstruktionen, wie etwa in Fließrichtung V-förmig angeordnete senkrechte Rundsäulen oder Schwemmh Holznetze.

**Veränderung von Form und Lage:** Die Verdriftungsgefahr lässt sich mit Hilfe der Methoden von Bilby (1984) und Bryant (1983) abschätzen. Sie ist von verschiedenen gewässer- und totholzspezifischen Faktoren abhängig (Tabelle 2). Durch eine gezielte Veränderung dieser Grössen lässt sich die Verdriftungsgefahr von Totholz vermindern. So zeigen z.B. die Gerinneversuche von Gippel et al. (1996), dass der Strömungswiderstand von Stämmen erst ab einem Winkel zur Strömung von etwa 30° deutlich ansteigt. Durch eine entsprechende Veränderung der Lage zur Strömung lässt sich daher sowohl die Verdriftungsgefahr als auch der durch Totholz verursachte Aufstau im Oberlauf deutlich verringern.

**Einrichtung von Übergangsstrecken/ Kombination der Schutzkonzepte:** An einen totholzreichen Gewässerabschnitt, in dem Totholz belassen oder aktiv eingebracht wird, schliesst sich eine Übergangsstrecke an (Bild 1). In diesem Abschnitt wird die Verdriftungsgefahr des Totholzes bestimmt und bei Bedarf durch die Veränderung von Form und Lage oder durch Fixierung verringert. Direkt oberhalb von Gefahrenstellen werden grosse Totholzelemente durch Totholzfänger zurückgehalten und bei Bedarf mit Hilfe einer Rechenkonstruktion auch kleineres Schwemmh Holz ausgekämmt.

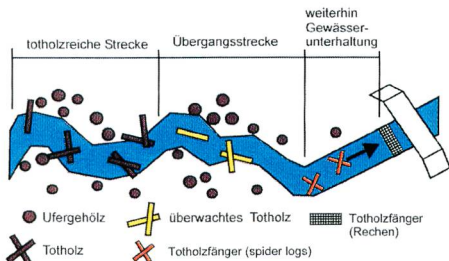
#### 4. Empfehlungen zur Planung von Renaturierungsprojekten mit Totholz

Zu Beginn des Planungsablaufs sollte das Entwicklungsziel exakt definiert werden. Nur so lässt sich beurteilen, ob die Defizite, die anhand des Vergleichs von Entwicklungsziel und Ist-Zustand bestimmt werden, durch den Einsatz von Totholz vermindert oder behoben werden können. Ein ungezieltes Einbringen

gewässerspezifische Faktoren:	
+	Abfluss
+	Gefälle
-	Laufform (Windungsgrad)
-	Querschnittsform (Breiten- und Tiefenvariabilität)
totholzspezifische Faktoren:	
-	Verhältnis Grösse/Gewässergrösse
-	Verhältnis Länge/Gewässerbreite
-	komplexe Form (Äste, Krone, Wurzelballen)
+	hoher Zerfallsgrad
-	Verankerung (in Ufer, Sohle, Totholz)

**Tabelle 2. Zusammenstellung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Verdriftungsgefahr von Totholz in Fließgewässern. (+) Erhöhung, (-) Verringerung der Verdriftungsgefahr.**





**Bild 1. Schutzkonzept Totholzmanagement – Belassen oder Einbringen von Totholz in Renaturierungsstrecke; Veränderung von Form und Lage sowie Fixierung von Totholz mit hoher Verdriftungsgefahr in Übergangsstrecke; Rückhalt von grossen Totholzelementen kurz oberhalb von Gefahrenstellen durch Totholzfänger sowie Rückhalt von kleinen Totholzelementen durch Rechen, sofern notwendig (nach Gerhard & Reich, 2001, verändert).**

von Totholz wird natürlich die Strukturvielfalt erhöhen, ist zur Umsetzung konkreter Entwicklungsziele jedoch nur bedingt geeignet.

Bei der Planung der konkreten Massnahmen sollte nach dem Grundsatz verfahren werden: «So technisch wie nötig, so naturnah wie möglich». Neben dem eigentlichen Renaturierungsziel lassen sich dadurch in vielen Fällen weitere positive Nebeneffekte nutzen, die sich bei einer mehr technischen Realisierung der Massnahme nicht einstellen würden. Darüber hinaus sind die technisch weniger aufwändigen Massnahmen häufig auch kostengünstiger. In manchen Fällen ist jedoch eine technische Ausführung der Massnahme notwendig, da ansonsten das Erreichen des Entwicklungsziels (z.B. Remäandrierung eines entwicklungsträgen Gewässers) nicht gesichert ist oder die zusätzlichen «positiven» Nebeneffekte aufgrund der gegebenen Restriktionen unerwünschte morphologische Entwicklungen darstellen, die nicht zugelassen werden können. Um den Erfolg der Massnahme zu dokumentieren und um eventuell auftretende unerwünschte morphologische Entwicklungen frühzeitig erkennen zu können, sollte in jedem einzelnen Projekt ein Monitoring durchgeführt werden.

#### Danksagung

Die Arbeit wurde in Teilen durch das Stipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

#### Literaturhinweise

Bezzola, G. R. (2001): Schwemmholz – Rückhalt oder Weiterleitung? wasser, energie, luft, 93: 247–252.  
 Bilby, R. E. (1984): Removal of woody debris may affect stream channel stability. Journal of Forestry, 10: 609–613.

Bryant, M. D. (1983): The role and management of woody debris in west coast salmonid nursery streams. North American Journal of Fisheries Management, 3: 322–330.  
 Gallistel, S. (1999): Structural approaches to river restoration in the Willamette Basin, with an emphasis on the placement of large woody debris. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Diplomarbeit, unveröffentlicht: 117.  
 Gerhard, M. & Reich, M. (2000): Restoration of streams with large wood: Effects of accumulated and built-in wood on channel morphology, habitat diversity and aquatic fauna. International Review of Hydrobiology, 85 (1): 123–137.  
 Gerhard, M. & Reich, M. (2001): Totholz in Fließgewässern – Empfehlungen zur Gewässerentwicklung. Gemeinnützige Fortbildungsstätte für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung, Mainz: 84.  
 Gippel, C. J., O'Neill, I. C., Finlayson, B. L., Schnatz, I. (1996): Hydraulic guidelines for the re-introduction and management of large woody debris in lowland rivers. Regulated Rivers: Research & Management, 12: 223–236.  
 Gregory, K. J., Gurnell, A. M., Hill, C. T. (1985): The permanence of debris dams related to river channel processes. Hydrological Sciences, 30 (3): 371–381.  
 Gunkel, G. (1996): Renaturierung kleiner Fließgewässer. Stuttgart: 471.  
 Gurnell, A. M., Gregory, K. J., Petts, G. E. (1995): Case studies and reviews: The role of coarse woody debris in forest aquatic habitats: implications for management. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 5: 143–166.  
 Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Solins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K., Cummins, K. W. (1986): Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in Ecological Research, 15: 133–302.  
 Hartlieb, A. & Bezzola, G. R. (2000): Ein Überblick zur Schwemmholzproblematik. wasser, energie, luft, 92: 1–5.  
 Hering, D. & Reich, M. (1997): Bedeutung von Totholz für Morphologie, Besiedlung und Renaturierung mitteleuropäischer Fließgewässer. Natur und Landschaft, 72 (9): 383–389.  
 Hoffmann, A. (2000): The association of the stream caddisfly *Lasiocephala basalis* (Kol.) (Trichoptera: Lepidostomatidae) with wood. International Review of Hydrobiology, 85 (1): 79–93.  
 Hoffmann, A. & Hering, D. (2000): Wood-associated macroinvertebrate fauna in Central European streams. International Review of Hydrobiology, 85 (1): 25–48.  
 Kail, J. (2003): Influence of large woody debris on the morphology of six central European streams. Geomorphology, in Druck.

Kern, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung – Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. Berlin – Heidelberg – New York: 256.  
 Lassetre, N. & Kondolf, G. M. (2000): Process-based management of in-channel large woody material at the basin scale. Proceedings of the International Conference on Wood in World Rivers, October 23–27, 2000, Oregon State University, Corvallis, OR.  
 Maser, C. & Sedell, J. R. (1994): From the forest to the sea – The ecology of wood in streams, rivers, estuaries, and oceans. Delray Beach: 196.  
 Mutz, M. (2000): Influences of woody debris on flow patterns and channel morphology in a low energy, sand-bed stream reach. International Review of Hydrobiology, 85 (1): 107–121.  
 Nakamura, R. & Swanson, F. J. (1993): Effects of coarse woody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in Western Oregon. Earth Surface Processes and Landforms, 18: 43–61.  
 Patt, H., Jürging, P., Kraus, W. (1998): Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. Berlin – Heidelberg: 358.  
 Piégay, H. (1993): Nature, mass and preferential sites of coarse woody debris deposits in the lower Ain Valley (Mollon Reach), France. Regulated Rivers: Research & Management, 8: 359–372.  
 Piégay, H., Thévent, A., Citterio, A. (1999): Input, storage and distribution of large woody debris along a mountain river continuum, the Drôme river, France. Catena, 35: 19–39.  
 Pusch, M., Feld, C., Hoffmann, A. (1999): Schwemmgut – kostenträchtiger Müll oder wertvolles Element von Flussökosystemen. Wasserwirtschaft, 89 (6): 280–284.  
 Robison, E. G. & Beschta, R. L. (1990): Identifying trees in riparian areas that can provide coarse woody debris to streams. Forest Science, 36 (3): 790–801.  
 Urbanek, B., Hinterhofer, M., Kummer, H. (1999): Totholz in Fließgewässern – Literaturrecherche und Analyse ausgewählter Aspekte. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserversorgung, Gewässergüte und Fischereiwirtschaft, Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, unveröffentlicht: 64.  
 Verdonshot, P. F. M. & Tolkamp, H. H. (1983): De rol van dood hout in stromend water. Nederlands Bosbouw tijdschrift, 55: 106–111.  
 Zika, U. & Peter, A. (2002): The introduction of woody debris into a channelized stream: Effect on trout populations and habitat. River Research and Application, 18: 355–366.

Anschrift des Verfassers

Jochem Kail, Bonner Talweg 180, D-53129 Bonn.





# Fische lieben Totholz

■ Armin Peter

## Herkunft und Funktion des Totholzes

Als Totholz wird Holz (Äste, Wurzelstöcke, Baumstämme) bezeichnet, das natürlich oder künstlich in ein Gewässer eingebracht wird. Es weist meist eine Länge von mehr als 2 m sowie einen Durchmesser von mehr als 10 cm auf. Das Totholz stammt von Bäumen der Uferregion oder des Flusskorridors. Es gelangt bei Schnee- und Windbruch, durch Rutschungen, Hochwasser sowie Ufererosionen ins Gewässer.

Totholz verändert die Strukturen eines Fliessgewässers. Es schafft vielfältige Strömungsmuster und somit Habitatsdiversität, oft kommt es zu Einstauungen und zur Ausbildung von Kolken und unterspülten Ufern. Dadurch erhöhen sich die Wassertiefen. Die Qualität und Kapazität des Lebensraumes für Fische und andere Lebewesen nimmt durch die Präsenz von Totholz zu. Beim Rückhalt von organischem Detritus (Ansammlungen von feinerem Holz und Blättern), welcher sich als gutes Substrat für biologische Aktivitäten von wirbellosen Tieren und Mikroorganismen eignet, spielt Totholz eine Schlüsselrolle.

Es sind vor allem die kleineren Fliessgewässer, welche eine sehr starke Prägung durch Totholz erfahren. Dies gilt besonders für kleinste Bäche im Wald. Werden Totholzansammlungen zugelassen, können diese Bäche in eingestauten Kolken erhebliche Tiefen aufweisen (> 1 m). Wird das Totholz weggeräumt, beträgt die Wassertiefe nur noch wenige Zentimeter.

## Die Fischdichte wird in der frühen Lebensphase limitiert

In den schweizerischen Fliessgewässern sind die Fangträge der Fische in den letzten 20 Jahren stark zurückgegangen. Besonders betroffen vom Rückgang ist die Bachforelle. Obwohl mehrere Ursachen für den Fangrückgang verantwortlich sind, ist die Frage nach dem Lebensraum und dessen Struktur in einem Fliessgewässer von höchster Bedeutung. Ganz entscheidend wirkt sich ein strukturierter Lebensraum eines Gewässers auf die Dichte der Jungfische aus. Die Phase nach der Emergenz (Verlassen des Kiesbettes) ist ausschlaggebend. Dann entwickelt der Brütling das Schwimmverhalten, das ihm eine Positionierung und Futteraufnahme in der Strömung ermöglicht. In dieser Lebensphase sind die Fische besonders aggressiv



**Bild 1. Ansammlung von Totholz im Liechtensteiner Binnenkanal. Die eingetauchten Äste strukturieren das Gewässer und schaffen Unterstände für Fische, die Baumstämme geben Deckung von oben.**

gegenüber Artgenossen, verteidigen ihr Territorium, und die Anzahl überlebender Jungfische ist eng mit der Struktur eines Habitats gekoppelt. Die Struktur des Habitats wirkt für das Überleben der Jungfische in den ersten zwei bis drei Monaten als Flaschenhals. Limitierende Faktoren in dieser Phase sind nämlich Unterstände und Areale mit Schutz vor Strömung. Beides wird durch Totholz zur Verfügung gestellt. Die Dichte eines Fischjahrganges wird also sehr früh festgelegt. Obwohl das territoriale Verhalten vor allem für forellenartige Fische zutrifft, gilt die positive Auswirkung von Strukturen ebenso für andere Fischarten.

Für Forellen ist der Einfluss von Totholz sehr gut dokumentiert. Mehrere Arbeiten zeigen einen positiven Einfluss von Totholz und Steinblöcken auf die Habitatsdiversität und somit auf das Vorkommen junger Salmoniden.

Mit zunehmender Totholzmenge steigt die Artenzahl an, die Fischdichte und -biomasse nehmen ebenfalls zu (Zika und Peter 1996, 2002).

## Fische lieben Totholz

Der positive Einfluss von Totholz auf Fische wird in mehreren Arbeiten belegt. Fausch und Northcote (1992) zeigen in einem Küstengewässer Westkanadas, dass Habitate mit Tot-

holz eine markant höhere Biomasse (Faktor 4–10) an Coho-Lachsen und Cutthroat-Forellen aufweisen als Habitate mit einem unbedeutenden Anteil an Totholz. Lehane und Mitautoren (2002) dokumentieren dies ebenfalls für Bachforellen. Die Biomasse ist inholzstrukturierten Abschnitten in mehreren Untersuchungen über zwei Jahre deutlich höher als in unstrukturierten Vergleichsstrecken. Zahlreiche weitere Untersuchungen bestätigen diesen Trend. Totholz bietet Schutz vor starker Strömung, Unterstände zum Ausruhen, Schutz und Versteckplatz vor Räubern und eine höhere Attraktivität als Fressplatz. Neben den Fischen profitieren auch wirbellose Tiere vom Totholz, die den Fischen letztlich als Futterbasis dienen.

Totholz erhöht die Kapazität des Lebensraumes für die Anzahl und die Biomasse der Fische. Dies deshalb, weil die Unterstände sich kritisch auf das Überleben von juvenilen Fischen auswirken. Für Forellen trifft das ganz besonders zu, bis sie zirka 1,5 Jahre alt sind.

Sundbaum & Näslund (1998) beobachteten 1+-Bachforellen (Fische in ihrem 2. Lebensjahr) in künstlichen Fliessgewässern und stellten fest, dass die Fische in Gerinnen mit Totholzstrukturen ein deutlich weniger aggressives Verhalten zeigten und weniger oft ihre Positionen wechselten. Ein niedrigeres



Aggressionsverhalten ist damit erklärbar, dass juvenile Fische bei Anwesenheit von Totholz kleinere Territorien akzeptieren und ein energiesparenderes Verhalten zeigen. Die Konkurrenz unter den Fischen wird herabgesetzt. Die Lebensraumkapazität wurde durch das Totholz erhöht.

Sundbaum (2001) stellte in vergleichenden Untersuchungen in natürlichen und künstlichen Bächen fest, wie sich das Totholz auf die Dichte, die Abwanderung und auf das Wachstum von Bachforellen auswirkt (1+ und ältere Fische). Sowohl für das Freiland wie die künstliche Rinne wurden Präferenzen für das Totholz festgestellt. In beiden Gewässern ermöglichte Totholz eine höhere Fischdichte und verminderte die Abwanderungsrate. Für das Wachstum konnten in der künstlichen Rinne positive Effekte des Totholzes festgestellt werden, im Naturbach hingegen nicht.

Für Cypriniden und Sonnenbarsche in Nordamerika wurde eine positive Beeinflussung des Wachstums durch die Präsenz von Totholz festgestellt (Quist & Guy 2001).

### **Totholz als Habitat für die Überwinterung**

Für das Überleben von Fischen spielen tiefe, langsam fließende Bereiche (Kolke) eine wichtige Rolle. Derartige Strukturen werden durch den Eintrag von Totholz vermehrt geschaffen. Für pazifische Lachse ist sehr gut dokumentiert, dass sich Totholz positiv auf das Überleben der Individuen während des Winters auswirkt (Solazzi et al. 2002). Für die Bachforelle bleiben allerdings einige Fragen offen. Sie ist im Winter in der Regel eng mit dem Substrat verbunden, hält sich tagsüber sogar im Lückensystem des Gewässers auf und vermeidet meist schulartige Ansammlungen (ganz im Gegenteil zu vielen pazifischen Lachsen). Cunjak und Power (1986) beobachteten zwar Schwarmbildungen von Bachforellen in der Nähe von Unterständen, es bleiben aber weitere Fragen zu einem möglichen Schwarmverhalten der jungen Bachforelle offen. Näslund (1989) bestätigt die Schwarmbildung im Winter für grössere Bachforellen.

Die Bildung von grossen Schwärmen im Winter ist hingegen für viele Cypriniden bekannt. Totholz und damit verbundene Strukturen wirken sich positiv auf das Überleben im Winter aus. Strömer zum Beispiel überwintern in vielen Gewässern ausschliesslich in tiefen und ruhigen Gewässerzonen, in riesigen Schwärmen (z.B. Brenno, in der Aue von Loderio).

Allouche et al. (1999) zeigten für den Alet (*Leuciscus cephalus*) die Strukturabhängigkeit und Vorliebe fürs Totholz. Er ist sowohl saisonal wie auch im Tagesrhythmus eng mit

den Holzstrukturen verbunden. Das trifft vor allem für den Winter und bei Hochwasser zu.

### **Totholz als Refugium bei Schwall**

Bunt et al. (1999) beobachteten in einem Fließgewässer mit Schwallenfluss (schwallartige Abarbeitung von Wasser zur Herstellung von Strom), dass Bachforellen von 15 cm bis 49 cm Körperlänge unter Einfluss des Schwalls zum Ufer flüchten und sich dort in Unterständen und Kolken aufhalten. Dabei wurden in 75% aller Beobachtungen Kolke mit Totholz aufgesucht. Totholz trug wesentlich zur Linderung der negativen Effekte des Schwallen bei.

### **Totholz und Revitalisierung von Fließgewässern**

Fließgewässer sind dynamische Systeme. Revitalisierungsprojekte sollen unter Einbezug des Gewässersystems wieder möglichst viele dynamische Prozesse ermöglichen. Totholz soll nur dort aus dem Gewässer entfernt werden, wo es ein wirkliches Gefahrenpotenzial darstellt.

Bevor Totholz künstlich eingetragen wird, sind die Ursachen der Habitatsmonotonie abzuklären und prioritär anzugehen.

Richtig eingesetzt, besitzt Totholz ein hohes Strukturierungspotenzial, ist billig und kann monotone Habitate deutlich verbessern.

### **Fazit**

Um die Situation in einem monotonen Gewässer schnell zu verbessern, kann eine Strukturierung durch Beigabe von Totholz als kurzfristige Massnahme sinnvoll sein. Langfristig gesehen soll jedoch ein natürlicher Totholzeintrag angestrebt werden. Dies ist möglich, wenn entlang unseren Fließgewässern wieder vegetationsreiche Ufer entstehen. Totholz ist ein effektives Strukturierungselement und erhöht sowohl die habitatsbezogene wie auch die biologische Diversität.

Die schweizerischen Fließgewässer sind hydroelektrisch intensiv genutzt, Schwallstrecken sind häufig. Totholz kann die negativen Auswirkungen des Schwalls auf Fische lindern.



**Bild 2. In den meisten unserer Fließgewässer fehlen Strukturen in der Flussmitte. Fische halten sich daher oft nur noch am Ufer auf.**



**Bild 3. Strömer, eine in der Schweiz stark gefährdete Fischart, überwintern in riesigen Schwärmen (Tausende von Individuen) in tiefen, langsam fließenden oder vom Hauptgewässer abgekoppelten Kolken. Die Entstehung derartiger Kolke wird durch Totholz gefördert.**



Allouche, S., A. Thevenet & P. Gaudin (1999): Habitat use by chub (*Leuciscus cephalus* L. 1766) in a large river, the French Upper Rhone, as determined by radiotelemetry. *Archiv für Hydrobiologie*, 145 (2): 219–236.

Bunt, C. M., S. J. Cooke, C. Katopodis & R. S. McKinley (1999): Movement and summer habitat of brown trout (*Salmo trutta*) below a pulsed discharge hydroelectric generating station. *Regulated Rivers Research and Management*, 15 (5): 395–403.

Cunjak, R. A. & G. Power (1986): Winter habitat utilisation by stream resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43: 1970–1981.

Fausch, K. & Northcote, T. G. (1992): Large woody debris and salmonid habitat in a small coastal British-Columbia stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49 (4): 682–693.

Ford, J. E. & D. G. Lonzarich (2000): Over-winter survival and habitat use by juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in two Lake Superior tributaries. *Journal of Great Lakes Research*, 26 (1): 94–101.

Lehane, B. M., P. S. Giller, O. Halloran, C. Smith & J. Murphy (2002): Experimental provision of large woody debris in streams as a trout management technique. *Aquatic Conservation*, 12 (3): 289–311.

Näslund, I. (1989): Effects of habitat improvement on the brown trout, *Salmo trutta*, L., population of a northern Swedish stream. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20: 463–474.

Quist, M. C. & C. S. Guy (2001): Growth and mortality of prairie stream fishes: Relations with fish community and instream habitat characteristics. *Ecology of Freshwater Fish*, 10 (2): 88–96.

Solazzi, M. F., T. E. Nickelson, S. L. Johnson & J. D. Rodgers. Effects of increasing winter rearing habitat on abundance of salmonids in two coastal Oregon streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57 (5): 906–914.

Sundbaum, K. (2001): Importance of woody debris for stream dwelling brown trout (*Salmo trutta* L.) Vattenbruksinstitutionen Rapport 32, Umeå 2001. Ph. Licentiate Thesis.

Sundbaum, K. & I. Näslund (1998): Effects of woody debris on the growth and behaviour in brown trout in experimental stream channels. *Canadian Journal of Zoology*, 76 (1): 56–61.

Zika, U. & Peter, A. (2002): The introduction of woody debris into a channelized stream: effect on trout populations and habitat. *River Research and Applications*, 18: 355–366.

Zika, U. & Peter, A. (1996): Totholz als Strukturelement in Fließgewässern: Auswirkungen von gezielt eingebrachtem Totholz auf die Bachmorphologie und den Fischbestand. *Buwal, Mitteilung zur Fischerei* Nr. 58: 79–99.

Anschrift des Verfassers

Dr. Armin Peter, Eawag, Forschungszentrum für Limnologie, CH-6047 Kastanienbaum.

E-Mail: armin.peter@eawag.ch

# Umgang mit Schwemmhholz im Wasserbau

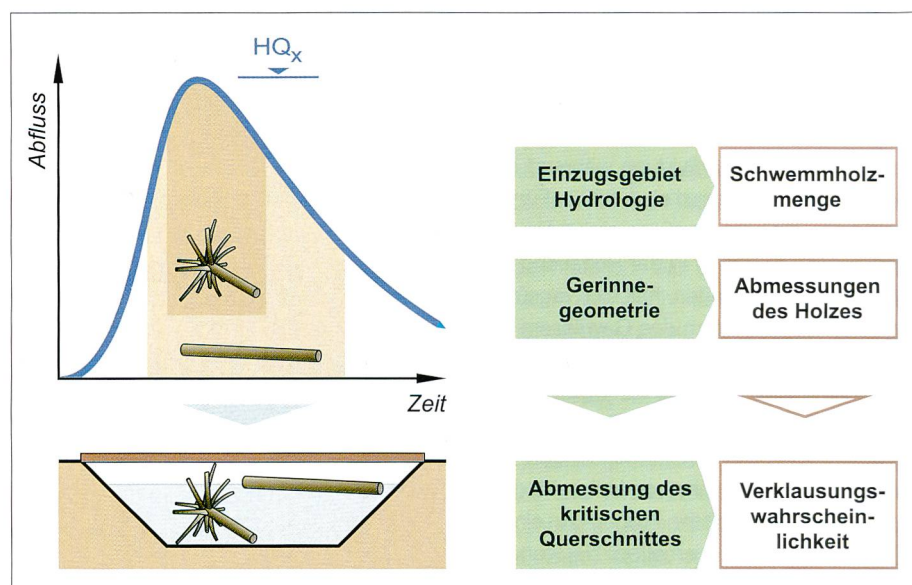
■ Gian Reto Bezzola, Daniela Lange

## Zusammenfassung

Bei der Gefahrenbeurteilung, der Dimensionierung eines Gerinnes und bei der Planung von Unterhaltsmassnahmen muss neben Wasser und Geschiebe auch das Schwemmhholz berücksichtigt werden. Gefahr besteht vor allem bei Engstellen, welche durch das mitgeführte Holz verlegt werden können. Die Gefährdung durch Schwemmhholz kann reduziert werden, indem das Schwemmhholzaufkommen durch Unterhaltsmassnahmen reduziert wird. Weiter können Abflussquerschnitte bei Brücken oder Durchlässen so ausgelegt werden, dass ein schadloses Weiterleiten des Holzes möglich wird. Schliesslich kann das Holz auch vor einem kritischen Querschnitt ganz oder teilweise zurückgehalten werden.

## Einleitung

Bei Hochwasser stellt das mitgeführte Schwemmhholz eine besondere Gefahr dar, weil es Engstellen, Brückenquerschnitte oder Durchlässe relativ schlagartig verlegen kann. Vor allem in steileren Flüssen und Bächen führt der durch eine Verklausung entstehende Rückstau häufig zum Austritt von Wasser und Sedimenten aus dem Gerinne. Die Folge sind Überschwemmungen und Übersarungen, welche ohne Verklausung häufig vermeidbar wären.



**Bild 1. Vorgehen bei der Gefahrenbeurteilung für ein gegebenes hydrologisches Szenario: 1) Ermittlung der Schwemmhholzmenge anhand der Einzugsgebietscharakteristika und der zu erwartenden Gerinne- und Hangprozesse. 2) Abschätzung der Abmessungen des transportierten Schwemmholzes aufgrund der Gerinnegeometrie. 3) Bestimmung der Verklausungswahrscheinlichkeit mittels eines Vergleichs der Holzabmessungen mit der Geometrie des kritischen Querschnitts.**

Da bei grösseren Hochwasserabflüssen grundsätzlich immer auch mit Schwemmhholz zu rechnen ist, muss dieses – nebst dem Wasser und dem Geschiebe – bei der Gefahrenbeurteilung, der Dimensionierung des Gerinnes oder bei der Planung von Unterhaltsmassnahmen berücksichtigt werden.

## Reduktion des Aufkommens

Der Umgang mit dem Schwemmhholz im Wasserbau beginnt dabei bei der Prävention. Dazu gehören forstliche Massnahmen zur Reduktion des Schwemmhholzaufkommens sowie Unterhaltsarbeiten wie die Entfernung oder Zerkleinerung des im Gerinne vorhandenen Totholzes.



## Berücksichtigung bei der Gefahrenbeurteilung

Für ein bestimmtes hydrologisches Szenario lässt sich die mögliche Schwemmholzmenge beispielsweise mit Hilfe der empirischen Beziehungen von Rickenmann (1997) in Abhängigkeit einfach zu ermittelnder Einzugsgebiets- oder ereignisspezifischer Parameter (Grösse des Einzugsgebiets, bewaldete Fläche, bewaldete Gerinnelänge, Wasserfracht, Geschiebefracht) grob eingrenzen.

Eine detailliertere Erhebung ist möglich, indem von den bei einem Ereignis möglichen Gerinne- und Hangprozessen ausgegangen wird und aus deren Ausmass die mobilisierbare Holzmenge abgeleitet wird. Anhand des aktuellen Bewuchses und von Szenarien hinsichtlich der Entwicklung des Waldzustandes kann nebst der mobilisierbaren Holzmenge auch auf die Zusammensetzung des Schwemmholzes (Holzart, maximale Abmessungen, Anteil an sperrigen Wurzelstöcken) geschlossen werden.

Die maximalen Abmessungen der Stämme und Wurzelstöcke, die bei einem bestimmten Abfluss bis in den Bereich eines hinsichtlich Verklauung kritischen Querschnitts transportiert werden können, lassen sich anhand der Gerinnegeometrie abschätzen (Bezzola et al. 2002).

Für einfache Brückenquerschnitte lassen sich gemäss Bezzola et al. (2002) Verklauungswahrscheinlichkeiten anhand eines Vergleichs der Abmessungen des Schwemmholzes und des lichten Querschnitts unter der Brücke angeben.

Damit können im Rahmen der Gefahrenbeurteilung die Eintretenswahrscheinlichkeiten von Gerinneausbrüchen infolge Verklauungen quantifiziert werden (Bild 1). Die Menge des während eines Ereignisses mobilisierten Holzes bestimmt dabei primär die Geschwindigkeit, mit welcher ein Brückenquerschnitt oder Durchlass verlegt wird.

## Schadloses Weiterleiten

Durch grosszügige Abmessungen des Abflussquerschnittes unter Brücken (Bild 2) oder bei Durchlässen lässt sich die Verklauungsgefahr massgeblich reduzieren. Entsprechende Empfehlungen finden sich bei ASF (1974), Bänziger (1990) und Bezzola et al. (2002).

Fachwerkbrücken, Brücken mit stark gegliedertem Unterbau oder unter Brücken aufgehängte Werksleitungen begünstigen das Verhängen von Holz. Eine glatte Unterseite der Brücke oder eine Verkleidung sind konstruktive Massnahmen zur weiteren Reduktion der Verklauungsgefahr.

Während bei einer ungestörten Strömung in einem prismatischen Gerinne das



**Bild 2.** Entschärfung eines kritischen Querschnitts durch Anheben der Brücke im Hochwasserfall; Hubbrücke an der Saltina in Brig-Glis während des Hochwassers vom Oktober 2000 (Foto: A. Burkard, Brig-Glis).



**Bild 3.** Verlegung eines Netzes im hydraulischen Modell; die grünen Stofflappen simulieren den Schwemmholzfeinanteil wie Laub oder kleine Äste (Blick gegen Fliessrichtung).



**Bild 4.** Mit Holz und Geschiebe verlegter V-Rechen am Lainbach (Oberbayern) nach einem Hochwasser; Blick in Fliessrichtung (Foto: Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, Obernach).

Holz meist in Fliessrichtung ausgerichtet ist, führen Abstürze, abrupte Richtungswechsel des Gerinnes oder beispielsweise vorspringende Widerlager zu Querströmungen und Turbulenzen. Dadurch vollführt das Holz ungünstige Drehbewegungen und kann sich dadurch eher in einer Engstelle verfangen. Das Gerinne vor einer Brücke sollte daher frei von störenden Einbauten sein und keine starken Krümmungen aufweisen.

## Rückhalt

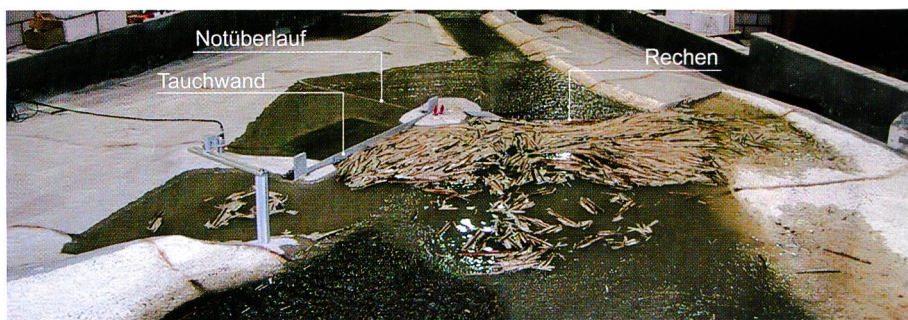
Der Rückhalt des bei Hochwasser mitgeführten Holzes vor einer Engstelle ist grundsätzlich eine wirkungsvolle Massnahme zur Verringerung der Schwemmholzgefahr. Dabei gilt es jedoch einige Grundsätze zu beachten, die für eine zuverlässige Funktion des Rückhaltebauwerks entscheidend sind:

- Eine im Gerinne platzierte Rechen- oder Netzkonstruktion vermag das mitgeführte



Holz zunächst aufzufangen. Die Verlegung des Bauwerks durch Holz und feinere Bestandteile wie Äste, Laub und Nadeln führt jedoch zu einem Aufstau des Wassers.

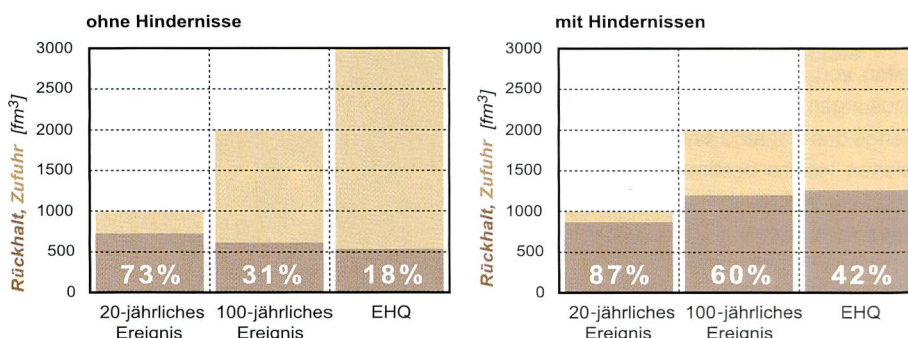
- Rechen- und Netzkonstruktionen im Gerinne müssen deshalb eine grosse Fläche aufweisen, damit der Aufstau begrenzt bleibt und es nicht zu Wasseraustritten aus dem Gerinne kommt. Wird infolge des Aufstaus ein Rechen oder ein Netz überströmt, so können dadurch grössere Holz-mengen über das Rückhaltebauwerk abgetrieben werden.
- Die Forderungen nach einer grossen Netz- oder Rechenfläche lassen sich in einem engen Gerinne kaum erfüllen. So bestätigen denn auch jüngere Erfahrungen mit Schwemmholtznetzen in Wildbächen (Rimböck 2002) oder kleineren Flüssen (VAW 2003), dass die Rückhaltewirkung solcher Konstruktionen sehr begrenzt ist. Bild 3 zeigt ein sehr dicht verlegtes Netz nach der Simulation eines Hochwasserereignisses im hydraulischen Modell.
- Durch eine V-förmige Rechenkonstruktion (siehe Bild 4) lässt sich die Forderung nach einer grossen Fläche des Rückhaltebauwerks eher erfüllen. Dieser Rechentyp wurde von Knauss (1995) in hydraulischen Modellversuchen entwickelt und seither auch im bayerischen Alpenraum und in der Schweiz realisiert (Knaus 1995, Hochstrasser 1997). Aufwand und Platzbedarf für diese Lösung sind allerdings bedeutend grösser als beispielsweise für eine Netzlösung.
- Der Aufstau des Wassers an einem teilweise oder vollständig verlegten Netz oder Rechen führt im Normalfall zu einer vollständigen Unterbindung der Geschiebeführung. Oberstrom des Rückhaltebauwerks muss daher nicht nur genügend Rückhaltewolumen für das Holz vorhanden sein, sondern auch für die entsprechende Geschiebemenge. Weiter ist zu beurteilen, wie sich der Geschieberückhalt weiter flussabwärts auswirkt (Erosion).
- An einem Gewässer, in welchem wegen ungenügenden Transportvermögens das Geschiebe zurückgehalten werden muss, bietet sich die Lösung des kombinierten Holz- und Geschieberückhalts an. In einem Geschiebesammler kann beispielsweise das Holz durch eine dem Abschlussbauwerk vorgelagerte grossflächige Rechenkonstruktion zurückgehalten werden (Hartlieb und Bezzola 2000). Anstelle eines Rechens kann auch mit einer Tauchwand verhindert werden, dass Schwemmholtz über das Abschlussbauwerk eines Geschiebesammlers abgetrieben wird (Bezzola 2001).



**Bild 5. Kombierter Holz- und Geschieberückhalt mit Rechen und Tauchwand an der Gürbe bei Wattenwil (oben: Modell, unten: realisiertes Projekt).**



**Bild 6. Holzrückhalt ( $\text{fm}^3$ ) mit verteilten Hindernissen im Modellversuch.**



**Bild 7. Holzrückhalt in einem verzweigten Gerinneabschnitt; links: natürlicher Holzrückhalt, rechts: Holzrückhalt mit verteilten Hindernissen.**

- Eine Lösung zum Rückhalt von Holz und Geschiebe mit Hilfe einer Kombination von Rechen und Tauchwand (siehe Bild 5) wurde in hydraulischen Modellversuchen für den Anwendungsfall der Gürbe bei Wattenwil BE erarbeitet (Lange und Bezzola 2002). Zur Verhinderung eines übermässigen Aufstaus bei einer Verlegung des Rechens ist hier ein seitlicher Notüberlauf angeordnet. Die Tauchwand verhindert, dass bei grösseren Abflüssen Holz über diesen abgeschwemmt wird.

### Auskämmen

Während die oben genannten Rückhaltmassnahmen darauf abzielen, möglichst alles anfallende Holz zurückzuhalten, soll beim Auskämmen der natürliche Holzrückhalt in breiten und verzweigten Gerinnen mittels weniger massiver Massnahmen gefördert werden. Am Beispiel einer an die Verhältnisse im Bereich des aufgeweiteten Gerinnes der Gürbe bei Wattenwil angelehnten Situation wurde in Modellversuchen untersucht, wie gross das natürliche Rückhaltewo-



tenzial in einem verzweigten Gerinne ist und wie es durch verteilt angeordnete Hindernisse erhöht werden kann. Die betrachtete Gerinneaufweitung ist rund 250 m lang und weist eine mittlere Breite von etwa 60 m auf. Das Längsgefälle in diesem verzweigten Gerinneabschnitt beträgt rund 2,5%.

Die Modellversuche wurden anhand von Ganglinienversuchen für ein 20-jährliches, 100-jährliches und für ein Extremereignis (EHQ) durchgeführt. Dabei wurde beobachtet, dass sich beim ansteigenden Hochwasser das zugeführte Holz bis zu einem Grenzabfluss grösstenteils im verzweigten Gerinneabschnitt ablageren kann, jedoch wieder mobilisiert wird, wenn der Abfluss weiter zunimmt. Bei abklingendem Hochwasser lagert sich das Holz wieder ab, sobald der Abfluss kleiner als der Grenzabfluss ist. Mit den verteilten Hindernissen soll der Holzrückhalt speziell in jener Phase, in der der Grenzabfluss überschritten ist, gefördert werden.

Die verteilten Hindernisse haben die Form von kleinen, ca. 3 m breiten Rechen (siehe Bild 6). Diese haben den Vorteil, dass auch bei zu erwartender Geschiebeauflandung die Rückhaltefläche nicht reduziert wird. Die insgesamt 15 Rechen auf einer Fläche von 15000 m<sup>2</sup> wurden versetzt angeordnet, sodass das unterhalb liegende Hindernis ausserhalb des Strömungsschattens der oben liegenden Hindernisse liegt.

Die Wirkungsweise der Hindernisse ist stark abhängig von der Beaufschlagung der oben liegenden Hindernisse und der dadurch induzierten Strömungen. Eine Erhöhung der Rückhaltewirkung der Hindernisse wurde insbesondere festgestellt, wenn diese nahe am Ufer angeordnet werden.

Die Ergebnisse der Modellversuche zeigen, dass verteilte Hindernisse das Aus-

kämen in breiten Gerinnen fördern (Bild 7). Der durchschnittliche Holzrückhalt an den Hindernissen beträgt beim:

- 20-jährlichen Ereignis 20–25 fm<sup>3</sup>
- 100-jährlichen Ereignis 50–55 fm<sup>3</sup>
- Extremereignis 55–60 fm<sup>3</sup>

Dabei werden nicht alle Hindernisse gleichmässig beaufschlagt. Während manche Rechen kein Holz zurückhalten konnten, betrug der maximal beobachtete Holzrückhalt an einem Hindernis annähernd 300 fm<sup>3</sup>. Das Beispiel zeigt: Mit verteilten Hindernissen zum Auskäumen von Holz kann der natürliche Holzrückhalt in verzweigten Gerinneabschnitten massgeblich erhöht werden.

### Folgerungen

Eine Patentlösung zur Reduktion der Schwemmholtzgefahr gibt es nicht. Es kann jedoch für jeden Fall durch eine geeignete Kombination von Massnahmen das verbleibende Risiko minimiert werden. Dabei stellen Massnahmen zur Reduktion des Schwemmholtzaufkommens bzw. zur Weiterleitung des Schwemmholtzes sicherlich die nachhaltigsten Lösungen dar.

### Literaturhinweise

- ASF – Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau. (1974): Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern. Bern.
- Bänziger, R. (1990): Schwemmholtz im Unwetter-sommer 1987. Schweizer Ingenieur und Architekt, (47), 1354–1358.
- Bezzola, G. R. (2001): Schwemmholtz – Rückhalt oder Weiterleitung? wasser, energie, luft, 93(9/10), 247–252.
- Bezzola, G. R., Gantenbein, S., Hollenstein, R., und Minor, H.-E. (2002): Verklausung von Brückenquerschnitten. Int. Symposium Moderne Me-

thoden und Konzepte im Wasserbau (Mitt. 175, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich), 87–97.

Hartlieb, A., und Bezzola, G. R. (2000): Ein Überblick zur Schwemmholtzproblematik. wasser, energie, luft, 92(1/2), 1–5.

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

Knauss, J. (1995): Treibholzfänge am Lainbach in Benediktbeuern und am Arzbach (ein neues Element im Wildbachausbau). Bericht Nr. 76, Versuchsanstalt Oberrach und des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, München.

Lange, D., und Bezzola, G. R. (2002): Kombierter Holz- und Geschieberückhalt in Aufweitungen am Fallbeispiel Gürbe. Int. Symposium Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau (Mitt. 175, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich), 57–65.

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

Rimböck, A. (2002): Naturversuch Seilnetzsperrern zum Schwemmholtzrückhalt in Wildbächen – Planung, Aufbau, Versuchsdurchführung und Ergebnisse. Bericht Nr. 93, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, München.

VAW (2003): Schwemmholtznetze Enziwiger. VAW-Bericht Nr. 4195, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich (unveröffentlichter Versuchsbericht).

### Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Gian Reto Bezzola (bezzola@vaw.baug.ethz.ch); Dipl.-Ing. Daniela Lange (lange@vaw.baug.ethz.ch), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), Gloriastrasse 37–39, CH-8092 Zürich.

# Entsorgungspflicht versus Nutzen von Totholz im Gewässer – ein Interessenkonflikt für die Wasserkraft

■ Walter Hauenstein

*Im folgenden Beitrag wird von demjenigen Teil des Totholzes die Rede sein, der als Teil des Geschwemmsels in den Flüssen abgeschwemmt wird und aufgrund gesetzlicher Vorlagen durch die Kraftwerke dem Gewässer entnommen und entsorgt werden muss. Nebst den Kraftwerken sind auch die Gewässerökologie und die Gesetzgebung wichtige Akteure bei dieser Geschwemmselentsorgung.*

## 1. Die Sicht der Kraftwerke: Der Geschwemmselanfall bei Kraftwerken bringt Behinderungen und Kosten mit sich

Flusskraftwerke, zum Teil aber auch Wasserkraftfassungen von Hochdruck-Kraftwerken sind dort, wo das Wasser vom Gewässer abgeleitet wird, mit einem Rechen ausgerüstet. Dieser verhindert, dass grosse Holzstücke oder andere im Wasser schwimmende Feststoffe in die Turbinen eindringen und dort Schäden

an den Leitapparaten oder Laufrädern anrichten.

Diese Einlaufrechen sind für einen Kompromiss zwischen Rechenleistung und Rechenverlust ausgelegt: Einerseits möchte man möglichst viele Feststoffe abhalten, was einen kleinen Abstand zwischen den einzelnen Stäben des Rechens erfordern würde, andererseits entstehen durch kleine Stababstände grosse Fließverluste, die sich auf die Stromproduktion negativ auswirken.



Während Hochwasserereignissen ist der Anfall an Feststoffen im Wasser besonders gross. Nicht nur Erde wird durch die Niederschläge abgeschwemmt und im Wasser transportiert, auch viel Holz, Blätter und leider auch Zivilisationsmüll. Während die feinen Erdpartikel reibungslos durch den Rechen und die Turbinen hindurchgehen, verursachen Holz und Laub oft Verstopfungen der Oberfläche des Rechens. Durch diese Verstopfungen reduziert sich die Durchflussfläche, und es gelangt weniger Wasser zu den Turbinen. Im Extremfall verschliesst sich die Rechenoberfläche fast komplett. Um dies zu verhindern, werden so genannte Rechenreinigungsmaschinen eingesetzt, welche automatisch die Rechenoberfläche reinigen, wenn der Fliessverlust des Wassers ein bestimmtes Mass erreicht. Bei extremem Geschwemmselelanfall werden diese Maschinen durch Personal unterstützt, das insbesondere grössere Stämme manuell entfernt. Trotz zum Teil enormem Einsatz gelingt es aber nicht immer, den Betrieb störungslos aufrechtzuerhalten.

Weil bei Hochwasser die Abflussmenge im Fluss die Kapazität der Turbinen oft übersteigt, wird nur ein Teil des Geschwemmels vor die Rechen des Turbineneinlaufs geschwemmt. Der Rest gelangt über das Stauwehr direkt ins Unterwasser.

Die Geschwemmselelntnahme bereitet dem Kraftwerksbetreiber Aufwand. Sie stellt zudem eine Gefahr für das Personal dar, weil die Arbeiten bei Hochwasser, oft nachts, ausgeführt werden müssen. Weil es schwierig ist, geeignete Entsorgungsmöglichkeiten (Kompostierung, Deponierung, ...) zu finden, wäre es für den Kraftwerksbetreiber am einfachsten, das entnommene Rechengut wieder dem Fluss zurückzugeben. Die Weitergabe des Geschwemmels würde allerdings auch nicht alle Probleme lösen:

- Wie erwähnt, müssen die Einlaufrechen zu den Turbinen ohnehin vom Schwemmgut befreit werden, um die Durchlässigkeit zu gewähren. Dazu sind Installationen notwendig, welche angeschafft, betrieben und unterhalten werden müssen. Es geht also auch nicht ohne Aufwand, wenn das Geschwemmsel nicht entsorgt werden muss.
- Das Geschwemmsel, welches am Rechen einer Kraftwerksanlage entnommen und ins Unterwasser zurückgegeben wird, fällt beim nächsten Kraftwerk wiederum an. Ein Teil davon mag selbständig über das Stauwehr weitergeleitet werden, ein anderer Teil muss aber wiederum am Rechen entnommen und ins Unterwasser geleitet werden. Mit dem Geschwemmsel wird deshalb auch der Aufwand zur Entnahme vom Oberlieger auf den Unterlieger weitergegeben. Es fragt sich deshalb, ob die Gesamtkosten nicht kleiner wären, wenn der oberste Betreiber das Geschwemmsel entnehmen und entsorgen würde und damit den Unterliegern Aufwand abnähme.
- Die Rückgabe des Geschwemmels in den Fluss hat aber noch einen weiteren Haken. Nebst Laub, Wasserpflanzen, Ästen und auch ganzen Bäumen werden nämlich vom Fluss auch noch Plastiksäcke, Fässer, Flaschen, Autoreifen und anderer Unrat mitgeführt, die entweder mutwillig in das Gewässer geworfen oder absichtlich im Uferbereich «deponiert» wurden. Zusätzlich zu diesem Zivilisationsmüll werden in Aare, Reuss und Hochrhein jährlich rund 1 bis 2 Tonnen Tierkadaver, meist Wasservögel und Fische, angeschwemmt. Das Geschwemmsel besteht also nicht nur aus Totholz, sondern beinhaltet auch andere, weit weniger gewässerfreundliche Komponenten.



**Bild 2. Zivilisationsmüll im Geschwemm-sel.**

## 2. Der Gesetzgeber regelt die Entsorgung

Die Gesetzgebung in der Schweiz regelt die Frage nach dem Wohin des entnommenen Geschwemmels.

Artikel 41 des eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes lautet wie folgt:

- 1) Wer ein Fliessgewässer staut, darf Treibgut, das er aus betrieblichen Gründen dem Gewässer entnommen hat, nicht ins Gewässer zurückgeben. Die Behörde kann Ausnahmen bewilligen.
- 2) Der Inhaber der Stauanlage muss das Treibgut nach den Anordnungen der Behörde im Bereich seiner Anlagen periodisch einsammeln.

Das Geschwemmsel muss also auf Kosten des Kraftwerksbetreibers eingesammelt und ausserhalb des Gewässers entsorgt werden.

Der Betreiber einer Wasserkraftanlage wird kostenpflichtig für die Entsorgung des Zivilisationsmülls, welchen andere widerrechtlich in das Gewässer einbringen. Er erbringt der Allgemeinheit dadurch eine Dienstleistung, für welche diese sonst selber aufkommen müsste. Die heutige Regelung entspricht deshalb keineswegs dem Verursacherprinzip und trägt damit auch nicht dazu bei, den Geschwemmselelanfall wenigstens in dem Bereich, der vom Menschen verursacht wird, einzudämmen.

Für den Hochrhein, als massgebendes Gewässer für die Wasserkraftnutzung, ist auch die deutsche Gesetzgebung massgebend. Der Paragraph 26 des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes lautet: «Feste Stoffe dürfen in ein Gewässer nicht zu dem Zweck eingebracht werden, sich ihrer zu entledigen.» Es wird in diesem Gesetz also ein Verbot des Wiedereinbringens von Ge-



**Bild 1. Geschwemmselelntnahme vor dem Turbineneinlauf eines Flusskraftwerks.**



schwemmsel ins Gewässer formuliert, das grundsätzlich auch für entnommenes Rechengut gilt.

### 3. Der Etappenplan an Aare, Reuss und Hochrhein

Für die Kraftwerke an der Aare unterhalb des Bielersees und am Hochrhein von Schaffhausen bis nach Kembs unterhalb Basel wurde über Jahre hinweg zur Kostenoptimierung eine gemeinsame Geschwemmselentnahme und -entsorgung betrieben. Diese erfolgte im so genannten Etappenplan. Das heisst, das Geschwemmsel wurde nicht von jedem Kraftwerk entnommen und entsorgt, sondern nur von einem Teil, den entsorgungspflichtigen Kraftwerken. Die anderen, nicht entsorgungspflichtigen Kraftwerke, beteiligten sich anteilmässig an den Kosten, sodass ein optimaler Kompromiss zwischen der «wörtlichen» Erfüllung der gesetzlichen Pflicht und deren Kostenfolgen erzielt werden konnte. Dieser Etappenplan ist zwar nach eidgenössischem Recht als Ausnahme möglich, erfüllt aber nicht die gesetzlichen Forderungen auf deutscher Seite.

Zur Durchführung dieses Etappenplans wurden jahrelang Erhebungen über den Geschwemmselanfall gemacht. Diese zeigen, dass aus den betroffenen Flussabschnitten jährlich 40 000 m<sup>3</sup> bis 60 000 m<sup>3</sup> natürliches und zivilisatorisches Geschwemmsel entnommen und entsorgt werden.

Es zeigt sich, dass der Geschwemmselanfall von Jahr zu Jahr stark variiert. Diese Variation folgt keinen voraussehbaren Gesetzmässigkeiten, da der grösste Teil des Geschwemmsels während Hochwasserperioden anfällt und diese unregelmässig auftreten. Trotzdem wird eine Zunahme des anfallenden Geschwemmsels in den letzten Jahren vermutet. Man nimmt an, dass diese Zunahme mindestens teilweise auf die veränderte Waldbewirtschaftung (Liegenlassen von Fallholz und Holzabfällen) und die vermehrten Auenstandorte zurückzuführen ist.

Die Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der Mengen und Zusammensetzung des Geschwemmsels, gemäss einer Erhebung an verschiedenen Kraftwerkstandorten.

Den grössten Anteil am Geschwemmsel bildet das organische Material wie Holz, Laub und Wasserpflanzen. Der zivilisatorische Müll stellt nur einige Prozente der gesamten Menge dar. Schätzungen weisen darauf hin, dass nur etwa 5% des Geschwemmsels Müll sind. Ähnliche Beobachtungen wurden auch an Fliessgewässern in Frankreich gemacht. Dort zeigte sich auch deutlich der Unterschied von wenig und stark besiedelten Einzugsgebieten im Anfall des zivilisatorischen Mülls.

Kraftwerk (Gewässer mit hauptsächli- chem Eintrag)	Dauer der Erhebung	Geschwemm- selmenge	Angaben über Zusammensetzung
	Jahre	m <sup>3</sup> /J	
Bannwil (Emme)	8	1572	Zivilisationsmüll: 5–6% Wasserpflanzen 3–4% Holz 90–92%
Brügg (Bielersee)	2	65	klein 63%, gross 37% Arbeitsaufwand 1 h/m <sup>3</sup>
Hagneck (Aare, Saane)	9	414	klein 80%, gross 20% Arbeitsaufwand 1 h/m <sup>3</sup>
Niederried/ Kallnach (Aare/Saane)	5	740	klein 99% gross 1% Arbeitsaufwand 0,8 h/m <sup>3</sup>
Mühleberg (Aare/See)	pendent	~1500	Zivilisationsmüll ~10% Gras 40–80% Holz 10–50%
Kandergrund	5	33	klein 84%, gross 16% Arbeit 1,6 h/m <sup>3</sup>
Klingnau (Aare)	1997/98		kompostierbar ~3,2%

**Tabelle 1. Geschwemmselmenge und -zusammensetzung bei Flusskraftwerken.**

Jahr	Produktion in GWh			Kosten Geschwemmselbeseitigung in Mio. Fr. (Rp./kWh)		
	Aare	Reuss	Rhein	Aare	Reuss	Rhein
1992	1 732	109	4 195	1 135 984	133 489	1 138 662
1993	1 691	106	4 480	825 407	86 241	1 681 317
1994	1 877	104	4 671	966 522	113 164	2 200 582
1995	1 759	116	4 747	890 072	80 929	2 420 480
1996	1 742	100	4 898	888 131	113 571	–
1997	1 595	89	4 005	1 109 942	111 922	1 640 344
1998	1 558	93	4 181	822 846	55 376	1 368 302
1999	1 830	110	4 474	1 027 433	58 909	1 888 324
2000	1 877	144		634 863	55 263	
<b>Mittel- wert</b>	<b>1 740</b>	<b>108</b>	<b>4 456</b>	<b>922 355 (0,05)</b>	<b>89 874 (0,08)</b>	<b>1 762 573 (0,04)</b>

**Tabelle 2. Kostenentwicklung im Etappenplan.**

Bis in die 90er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts stiegen die Kosten für die Beseitigung und Entsorgung des Geschwemmsels stetig an, weil immer mehr Kraftwerke eigene Anlagen bauen und betreiben mussten. Schliesslich entstanden Kosten von rund 3,5 Mio. Franken für alle betroffenen Kraftwerke. Bei einer gesamten Produktion von rund 7000 GWh entspricht dies Kosten von 0,05 Rp./kWh.

Von den dreizehn Kraftwerken am Hochrhein waren zu Beginn des Etappenplans etwa die Hälfte zur Geschwemmselentsorgung vorgesehen, wobei bei einigen die entsprechenden Installationen noch nicht vorhanden waren.

Gegen Ende der 90er-Jahre waren nur noch drei Anlagen nicht entsorgungspflichtig, wodurch der Gesamtaufwand für die Entsorgung angestiegen war.

## 4. Fehlendes Geschwemmsel schadet dem Fluss

### 4.1 Aufgestaute Flüsse sind monotoner als naturbelassene

In aufgestauten Flussläufen ist die Fließgeschwindigkeit stark reduziert.

- Das Spektrum zwischen stark strömenden Zonen und ruhigen Zonen ist deshalb geringer als in naturbelassenen Flüssen.
- Die kleineren Fließgeschwindigkeiten bewirken auch, dass sich feineres Sediment abgelagert, als dies ohne Aufstau der Fall wäre. Die Flusssohle in den stark aufgestauten Abschnitten ist mit sandig-siltigen Kornfraktionen abgedeckt, es fehlen an der Oberfläche Kies und grössere Steinblöcke.

Dies führt zu einer Monotonisierung der Bodenstruktur, die auch dadurch geför-



dert wird, dass die grösseren Flüsse zum Schutze des Umlandes vor Überschwemmung oft begradigt und in ihrer Uferstruktur befestigt wurden. Die Vielfalt an Strukturen mit unterschiedlicher Beschaffenheit und unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten ist deshalb deutlich geringer als in naturbelassenen Flüssen.

#### 4.2 Fallholz schafft Strukturen

Das Fallholz, das in die Flüsse gelangt, ist oft schon morsch, bevor es ins Gewässer gelangt. Dadurch wird es auch zu Fallholz. Seine Schwimmfähigkeit ist deshalb begrenzt, es sinkt bald ab und wird am Flussufer an einem Hindernis oder in einer Totwasserzone abgelagert. Dort bildet es wiederum ein Fließshindernis, das für weitere Ablagerungen sorgt. Durch die Behinderung der Strömung entsteht lokal ein höheres Fließgefälle, welches dazu führt, dass auch die Sedimente stärker durchströmt werden. Das Hindernis schafft also unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, die wiederum zu unterschiedlichen Sohlenbeschaffenheiten und -geometrien führen.

#### 4.3 Totholz schafft Lebensräume

Vor allem für die Wirbellosen bildet das Totholz eine geeignete Lebensgrundlage. Es gibt Insektenlarven, die nur auf Totholz leben und auf anderen festen Unterlagen wie Steinen

nie angetroffen werden. Totholz bietet jungen Fischen Rückzugsräume und Schutz vor dem Gefressenwerden, während Hochwassern schützen diese Zonen mit geringer Fließgeschwindigkeit vor der Abdrift.

#### 4.4 Totholz ist Nahrung

Geschwemmsel hat aber für die Tierwelt noch eine weitere wesentliche Funktion, indem es den wirbellosen Tieren als Nahrung dient. Im Totholz verfangen sich auch Wasserpflanzen und Blätter und bilden dort eine Nahrungsreserve, die sich nur langsam abbaut. Dadurch wird das Nahrungsangebot vergleichmässigt.

Diese Erhöhung der Vielfalt in den Strukturen oder Lebensräumen sowie das Angebot an Nährstoff führt zu einer Erhöhung der Biodiversität, also einer grösseren Vielfalt an wirbellosen Tieren und Fischen im Gewässer.

#### 5. Was steht einer Belassung des Geschwemmsels im Fluss entgegen?

Wenn das Belassen des Totholzes und Laubes Verbesserungen in der Gewässerstruktur ergibt und die Entsorgung derselben Stoffe den Kraftwerksbetreibern Kosten verursacht, stellt sich die Frage, ob hier nicht ein idealer Handlungsspielraum vorhanden wäre, des-

sen Umsetzung nur Gewinner übrig liesse. Weshalb nicht die natürlichen Anteile des Geschwemmsels im Gewässer belassen?

Im Sinne

- der Förderung des Verursacherprinzips als Hilfsmittel zur Ursachenbekämpfung,
- einer generellen Kostenreduktion und
- einer Erhöhung des Nutzens für den Lebensraum Fließgewässer sollten deshalb
- die gesetzlichen Vorschriften mit ihren Ausnahmemöglichkeiten für die Entsorgung, etwa im Sinne des Etappenplans, flexibler angewendet und
- eine Kostenbeteiligung der Verursacher an der Beseitigung des Zivilisationsmülls in den Fließgewässern durch die Kraftwerksbetreiber, allenfalls im Sinne einer vorgezogenen Entsorgungsgebühr, angestrebt werden.

Literaturhinweis

Entsorgung von Geschwemmsel, Verbandsschrift 58, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, CH-5401 Baden, 1997.

Anschrift des Verfassers

Dr. Walter Hauenstein, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistrasse 3a, CH-5401 Baden.

## Neuinterpretation der Schwemmgutbehandlung an Wasserkraftanlagen in der Bundesrepublik Deutschland?

■ Stephan Heimerl, Jürgen Giesecke, Karlheinz Kibele

#### Zusammenfassung

Organisches Material im Allgemeinen und Totholz im Besonderen stellen bekanntermassen einen Schlüsselfaktor für naturnahe Fließgewässer dar, sodass eine generelle Entnahme dieses Materials an Wasserkraftanlagen aus heutiger Sicht eher von Nachteil für das Gewässer-Ökosystem sein dürfte. Dementsprechend ist auch eine Neuinterpretation des bundesdeutschen Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) notwendig, die zu einer differenzierenden Betrachtung führen sollte, um Klarheit insbesondere darüber zu schaffen, welche Rechengutfraktionen wieder eingebracht werden dürfen und welche nicht.

#### Schwemmgut im Fließgewässer

Fließgewässer stellen stets ein komplexes System dar, das sich nur selten im Gleichgewicht, sondern vielmehr in einem ständigen Anpassungsprozess befindet, um seinen Zustand den aktuellen hydrologischen, topografischen, geologischen und flussbaulichen Randbedingungen anzupassen. Dabei transportiert das Gewässer zum Teil erhebliche Mengen an Feststoffen, deren Umfang und Zusammensetzung von den genannten Randbedingungen und der Jahreszeit abhängig sind. Dies sind einerseits Sedimente unterschiedlicher Grösse von Feinstpartikeln bis hin zu Steinen und andererseits Schwemmgut, das schwimmend, schwebend oder über die Sohle durch die Strömung in Fließrichtung transportiert wird.

Unter dem Schwemmgut – auch als Geschwemmsel, Rechengut, Schwemmgut, Treibgut, Treibsel, Treibzeug bezeichnet – versteht man das Material, das insbesondere an Rechen von Wasserentnahmebauwerken aller Art anfällt. Neben dem so genannten partikulären organischen Material von Falllaub über Äste bis hin zu ganzen Bäumen zählt man hierzu auch Eis und den gesamten Zivilisationsmüll einschliesslich Sonderabfall.

Die an den Rechenanlagen anfallende Menge hängt einerseits von den natürlichen Bedingungen einschliesslich der Anströmverhältnisse und andererseits vor allem vom notwendigen Rechenstababstand ab. Letzterer wird nach oben insbesondere durch den mindest notwendigen Schutz der Anla-



genkomponenten (Turbinen, Pumpen usw.) vor Materialeintrag und nach unten durch die wirtschaftlich und technisch noch mögliche Reinigung des Rechens begrenzt.

Betreiber derartiger Entnahmebauwerke an Gewässern, z.B. zur Entnahme von Kühlwasser oder an Wasserkraftanlagen, stehen nun häufig vor dem Dilemma, die geltende Rechtslage, den wirtschaftlichen Betrieb ihrer Anlage sowie schliesslich die Anforderungen des Umweltschutzes miteinander vereinbaren zu müssen.

### **Schwemmgutbehandlung in rechtlicher Hinsicht**

Mit der Entnahme des Schwemmgutes nach der erfolgten Rechenreinigung aus dem Wasser, um einen unbeeinflussten Betrieb der Anlage sicherzustellen, wird der Betreiber gemäss der geltenden Rechtslage in der Bundesrepublik Deutschland zum Abfallbesitzer und muss auf jeden Fall die korrekte Beseitigung sicherstellen und die daraus entstehenden Kosten übernehmen.

Den für den Anlagenbetreiber lästigen Konsequenzen der gängigen Rechtsmeinung kann er bisher nur sicher entkommen, indem er das Schwemmgut nicht entnimmt [1]. Dieser denkbare Weg kann durch entsprechende bauliche Vorkehrungen umgesetzt werden, indem beispielsweise Rechenreiniger mit Spülrinnen oder Horizontalrechen unterschiedlichster Bauart eingesetzt werden. Wurden in den letzten Jahren derartige Einrichtungen von den jeweiligen aufsichtsführenden Behörden in Deutschland wenn

überhaupt stillschweigend geduldet, so setzt in einigen Regionen ein Bewusstseinswandel bezüglich der Rechengutbedeutung ein. Dies hat zur Folge, dass immer häufiger im Rahmen der entsprechenden Bescheide explizit auf den Weitertransport des Rechengutes mit der fliessenden Welle hingewiesen wird.

Aus einer Gesamtschau der wasserrechtlichen Vorschriften ergibt sich aber auch, dass der Betreiber, der das Schwemmgut ins Unterwasser befördert, in den meisten Fällen nicht nur ökologisch, sondern auch aus rechtlicher Sicht das Richtige tut [2]. Die herrschende Meinung übersieht nämlich die Grundsatznorm des § 1a Abs. 1 des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes (WHG). Danach sind die Gewässer eben nicht mehr nur für rein wasserwirtschaftliche Zwecke, sondern auch für den Naturhaushalt, namentlich als Lebensraum für die Tier- und Pflanzenwelt, von nicht hoch genug einzuschätzender Bedeutung. § 1a WHG gibt zu erkennen, dass der Wasserhaushalt medienübergreifend als funktionaler Bestandteil des Naturhaushalts zu verstehen ist. Das WHG entspricht damit der neuzeitlichen, nicht mehr einer bloss sektoralen Betrachtung verhafteten Umweltgesetzgebung.

Spätestens seit Inkrafttreten der 5. WHG-Novelle von 1986 gilt dieser gesamtheitliche Ansatz, durch die der ursprünglichen Gesetzesfassung die Qualifizierung der Gewässer «als Bestandteil des Naturhaushalts» hinzugefügt wurde. Der Gesetzgeber empfand es nämlich als Mangel, dass die Belange der Gewässerökologie und des

Landschaftsschutzes nicht immer ausreichend beachtet wurden. Er führte dies auf den zunächst im Vordergrund stehenden Nutzungsgedanken zurück. Mit der vorgesehenen Änderung der Grundsatzbestimmung des § 1a WHG sollte deutlich gemacht werden, dass Gewässer als Bestandteil des gesamten Naturhaushalts anzusehen sind und dass die Erhaltung bzw. Wiederherstellung eines naturnahen Zustands der Gewässer anzustreben ist. Dieses Ziel ist bei der Nutzung der Gewässer stets zu beachten.

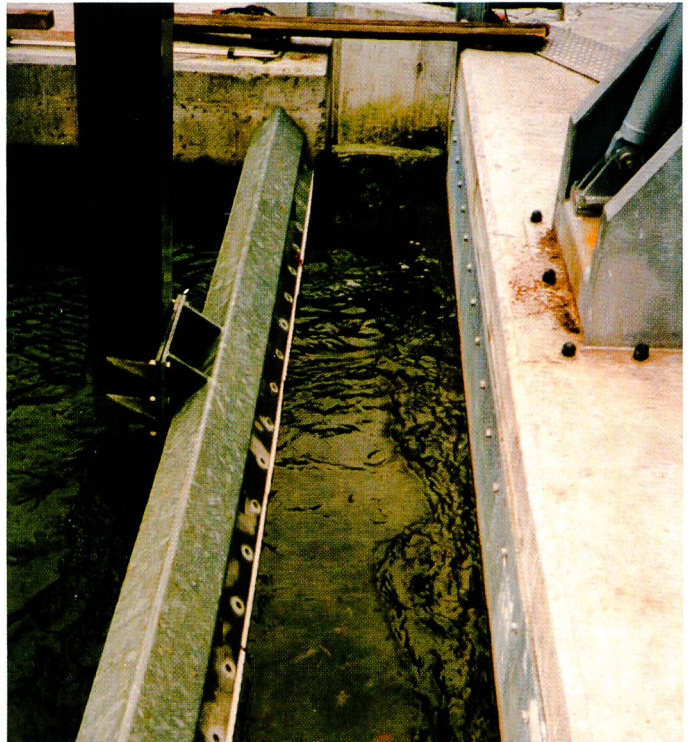
1996 wurde durch das 6. WHG-Änderungsgesetz dieser § 1a Abs. 1 wiederum geändert. Der Sicherungsauftrag des neuen Satzes 1 ist ein doppelter: Er bezieht sich auf die Funktion der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Das im Bewirtschaftungsgrundsatz des Satzes 2 enthaltene Vermeidungsgebot wurde zugespitzt auf die «ökologischen Funktionen» der Gewässer. Dabei beschreibt der Begriff «Gewässerökologie» das Gewässer nicht nur als chemisch-physikalischen Stoff, sondern als Lebensraum für Fauna und Flora.

Im Jahre 2001 wurde dem § 1a Abs. 1 WHG ein Satz 3 angefügt, wonach «insbesondere mögliche Verlagerungen von nachteiligen Auswirkungen von einem Schutzgut auf ein anderes zu berücksichtigen» sind und «ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu gewährleisten» ist.

In Verbindung mit der Ende 2000 in Kraft getretenen Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (Richtlinie 2000/60/EG)



**Bild 1. Schwemmholtz und Zivilisationsmüll fallen gemeinsam an.**



**Bild 2. Rechenreinigungsanlage zur Entnahme von Geschwemmsel.**



ist davon auszugehen, dass dem Schwemmgut künftig ein verstärktes Augenmerk geschenkt werden wird. Interessanterweise wurden bei den Begriffsbestimmungen des wichtigen Kriteriums der Durchgängigkeit der Oberflächengewässer nur die aquatischen Organismen und die Sedimente berücksichtigt. Das biologische Material, das in der Regel den grössten Teil des Schwemmgutes einnimmt, fand jedoch bisher keinen direkten Eingang.

### **Ansätze für eine Neuinterpretation der Schwemmgutbehandlung**

Für die Gewässerstruktur, Hydrologie und Hydraulik, aber auch für Flora und Fauna spielt jedoch organisches Material im Allgemeinen und Totholz im Besonderen bekanntermaßen eine wichtige Rolle. Es ist ein Schlüsselfaktor für naturnahe Fließgewässer.

Der natürliche Eintrag von Pflanzen und Pflanzenteilen in ein Gewässer sowie deren Transport, Ablagerung und mikrobieller Abbau sind unter gewässerökologischen Gesichtspunkten ursprüngliche Charakteristika jedes Fließgewässer-Ökosystems.

Aus heutiger Sicht kann somit festgestellt werden, dass einerseits der Verbleib vor allem des biogenen Schwemmgutes im Gewässer grundsätzlich eher von Vorteil für das Fließgewässer sein dürfte. Andererseits ist aber auch eine Neuinterpretation des WHG

notwendig, die zu einer differenzierenden Betrachtung führen sollte, um Klarheit insbesondere darüber zu schaffen, welche Rechengutfractionen wieder ins Gewässer eingebracht werden dürfen und welche nicht.

Damit im Zusammenhang gilt es jedoch noch einige Punkte zu klären:

- Wie kann eine weitestgehende Abtrennung der nichtorganischen Bestandteile, insbesondere von Zivilisations- und Sondermüll, technisch erfolgen?
- Ist die Gesellschaft bereit, die Kosten für diese im öffentlichen Interesse liegende Tätigkeit vollständig oder zumindest teilweise zu übernehmen?
- Wie können die unterschiedlichen Interessen entlang von Gewässern miteinander in Einklang gebracht werden (Stichwort «Geschwemmsel-Management»)?
- Wie kann den Gefahren begegnet werden, die aus dem Wiedereinbringen bzw. Belassen von natürlichem Material resultieren können, wie z.B. Verklausungen, und wer ist der Kostenträger eventuell notwendiger Massnahmen?

Einen Beitrag zur Diskussion und Beantwortung dieser und weiterer Fragen wird die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK) mit ihrer noch jungen Arbeitsgruppe WW 1.6 «Rechengutbehandlung an Gewässern» im Hauptausschuss «Wasserbau und Wasserwirtschaft» (HA WW) leisten.

Können im Rahmen des weiteren Diskussionsprozesses für alle Beteiligten befriedigende Antworten gegeben und praktikable Lösungswege aufgezeigt werden, so kann das dargestellte Dilemma durch eine Neuinterpretation der Rechtsvorschriften gelöst und die heute meist praktizierte Entnahme von Schwemmgut beendet werden.

#### **Literaturhinweise**

[1] Giesecke, J.; Heimerl, S.: Treibgut an Wasserkraftanlagen – ist die vollständige Entnahme heute noch zeitgemäss? In: Wasserwirtschaft 90 (2000), Heft 6, Seite 294–299.

[2] Kibele, K.: Eine gestörte Beziehung: Die Juristen und das Rechengut. In: Wasserwirtschaft 92 (2002), Heft 9, Seite 30–33.

#### **Anschrift der Verfasser**

Dr.-Ing. Stephan Heimerl, Sprecher des ATV-DVWK-AG WW 1.6, EnBW Energy Solutions GmbH, Kriegsbergstrasse 11, D-70174 Stuttgart, s.heimerl@enbw.com

Prof. em. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. Jürgen Giesecke, Vorsitzender des HA WW, Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart

Karlheinz Kibele, Mitglied der ATV-DVWK-AG WW 1.6, Stellv. Hauptgeschäftsführer des Landkreistages Baden-Württemberg, Panoramastrasse 37, D-70174 Stuttgart, kibele@landkreistag-bw.de

## **Bedeutung des Schwemmgutes für Kleinkraftwerke unter besonderer Beachtung des Totholzes**

■ *Hanspeter Leutwiler*

### **Wo drückt der Schuh?**

Die «Economie of scale», oder umgekehrt das Gesetz, dass kleinere Produktionseinheiten teurer produzieren, ist hinlänglich bekannt. Bei den Kleinwasserkraftwerken bringt jede Zehnerstelle kleinerer Leistung über 50% höhere Kosten. Ein typisches Pico-Kraftwerk von 50 kW produziert somit rund doppelt so teuer wie ein Kleinwasserkraftwerk der Klasse über einem Megawatt. Weniger bekannt ist hingegen, dass zusätzlich die Kosten im selben Masse steigen, wenn das Nutzgefälle (bei gleich bleibender Leistung) kleiner wird. Der Unterhalt von Weiher und Kanälen sowie die Umweltauflagen drücken weitaus stärker als bei grösseren Kraftwerken.

Kommt noch dazu, dass der Betreiber seinen Weiher aus durchaus einsehbaren





biologischen Gründen nicht mehr speicherbewirtschaften darf und so einen grossen Teil seines Nutzens verliert. Oft bleibt den Betreibern daher nichts anderes übrig, als die Anlage stillzulegen. So gibt es heute ein Vielfaches an Weihern und Mühlebächen, für die das Gemeinwesen aufkommen muss, als echte, lebendige Anlagen. Weitaus der grössere Teil dieser kleinen reizvollen Gewerbege- wässer ist jedoch bereits verschwunden: als Bauland verwertet.

Um die Bedeutung in ein Verhältnis zu stellen: Alleine die Kleinstwasserkraftwerke, d.h. die Anlagen bis 300 Kilowatt, produzieren heute noch weit mehr als alle anderen neuen Energien zusammen, und dies etwa halb so teuer. Sie versorgen damit rund 100 000 Durchschnittshaushalte oder ersparen jähr- lich 100 Tonnen CO<sub>2</sub>-Ausstoss (Europa-Mix). Die wenigen hundert verbliebenen Ausleit- kraftwerke nutzen 200 bis 400 km Gewässer- strecke und damit nur einen Prozentbereich der gesamten Gewässer (genauere Erhebun- gen sind nicht publiziert). Etwa dieselbe An- zahl Durchleitkraftwerke stauen das Wasser auf kurze Strecken. Alle diese Anlagen unter- brechen je nach Ausgestaltung mehr oder weniger das Gewässerkontinuum, d.h. die freie Fischwanderung, den Geschiebetrieb und den Schwemmguttrieb. Andererseits bilden sie Hochwasserschutzräume für die Fische, tiefe Kolke, schöne Ausleitbiotope. Viele regeln den Grundwasserstand.

Dass bald nicht nur noch Flurnamen an die althergebrachte Energieproduktion er- innern, dafür wehren sich die wenigen hun- dert übrig gebliebenen «Kleinkraftwerkler». Die einen möchten diese «Stampfen», «Schmieden», «Hämmer», «Mühlen» und «Sägen» als Zeitzeugen erhalten und gleich- zeitig saubere Energie produzieren, an ande- ren reaktivierten Standorten wird profession- nell mit modernen Neuanlagen Energie pro-

duziert. Ein vernünftiger Umgang mit dem Rechengut und andere massvoll angesetzte Umweltauflagen können den entscheiden- den Beitrag bringen, diese Produktion, und damit auch die zugehörigen landschaftsprä- genden Kulturgewässer, zu erhalten.

### Hohe wirtschaftliche Belastung

Althergebracht haben die meisten Kleinwas- serkraftwerke das Rechengut mit einer einfa- chen Klappe oder Pumpe weitergespült. Im letzten Jahrzehnt hat der Druck auf die Ent- sorgung des Rechengutes zugenommen und führt zu unwirtschaftlichen Umbauten und Entsorgungskosten. Mit der heute abneh- menden Waldbewirtschaftung nimmt zudem die Totholzfracht zu.

In Perioden mit wenig Laubtrieb ist die Entsorgung wirtschaftlich tragbar; die Re- chengutmulden füllen sich mit einem Gross- teil an Zivilisationsmüll, und wöchentliches bis monatliches Entsorgen kostet einige Pro- zente bis einen Zehntel des Ertrages aus der Energieproduktion.

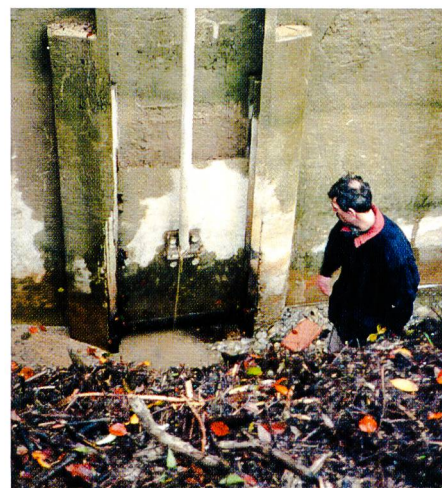
Während einem Gewittersturm oder bei einem Hochwasser ändert sich die Situa- tion: Die Rechenanlagen befördern so viel Totholz und Laub aus dem Wasser, dass ein Betrieb des Kraftwerks Verlust einfahren kann. Damit bleibt aber auch der aus den Tobelflanken und Gewässerläufen geputzte Zivilisationsmüll im Gewässer.

Unsinnig wird es in der Laubfallsai- son: Da die Kleinstwasserkraftwerke feine Re- chen aufweisen, sieben sie einen Grossteil des noch nicht zerkleinerten Laubes aus dem Wasser. Bei einem kräftigen Herbststurm gibt es Tage, an welchen der Muldenfahrer zwei- mal täglich vorfahren muss, bis der Betreiber schliesslich zum Schutze seines Portemon- naies die Anlage abstellt. Entsorgt wird 99% Laub und Holz. Anstatt volle Mulden mit tropf- nassem Laub in die Verbrennungsanlage kar-

ren zu lassen, sortieren einige Betreiber das Rechengut zwecks Kompostierung. Der Ge- samt Aufwand nimmt dadurch aber eher zu.

### Geringe Bedeutung für die Gewässer

Die Entnahme von Zivilisationsmüll und Bio- masse aus den Gewässern ist für das Ge-





wässer ziemlich belanglos, wenn das Kraftwerk nur einen Teil des Wassers entnimmt. Das meiste Schwemmgut kommt ohnehin bei hohen Wasserführungen, wo die Ausleitung nur noch die Grössenordnung von einem Zehntel erreicht. Dies ist oft der Fall bei alten Fabrikanlagen an Flüssen (Linth, Thur usw.). Für den gesamten Massentrieb im Gewässer sind die Entnahmen nur von Bedeutung, wenn ein sehr grosser Ausbaugrad vorliegt und wenn mehrere Kleinkraftwerke in Kaskade angeordnet sind.

Mehr Bedeutung kann die Entnahme für den Unterlieger haben, welcher dadurch weniger entsorgen muss, wenn er auch nicht weiterspülen darf.

Bei den Stauwerken drehen sich oft kleine Schwemmgutmatten träge im Kreise oder hängen an den Stauorganen. Dies ist eine ästhetische Unschönheit, kann aber mit periodischem Weiterspülen weitgehend beseitigt werden.

Irgendwer muss jedoch irgendwo den Zivilisationsmüll aus den Gewässern entfernen und entsorgen, soweit er nicht auf dem Grunde der Seen versinkt, was ja auch keine befriedigende Vorstellung ist. Grosse Treibäste und -stämme können enge Durchlässe verklausen und ein Überflutrisiko verursachen. Diese Probleme sollten jedoch nicht mehr auf dem Buckel des schwächsten Gliedes der Kette der Gewässernutzer gelöst werden. 9000 stillgelegte Kraftwerke sollten genügen... Die Kleinwasserkraftwerke sind gesamthaft gesehen schon lange nicht mehr ein gewichtiger Belastungsfaktor der Gewässer.

### Lösungsansätze

Als Mindestansatz sollte es allen Betreibern von Kraftwerken am selben Gewässer freigestellt werden, das Rechengut weiterzuspülen

und in der letzten Anlage unter Kostenteilung zu entsorgen.

Zusätzlich sollte das Schwemmgut immer weitergeschwemmt werden dürfen, wenn es zum weitaus grössten Teil aus Laub und Holz besteht, sofern dadurch keine Sicherheitsprobleme entstehen.

Muss viel Totholz entsorgt werden, so können die Gemeinwesen mithelfen, dass dieses getrocknet und energetisch optimal genutzt wird – ein Pluspunkt im Klimapoker.

Ein in der heutigen Gesetzeslage (wie in Deutschland) pragmatischer Weg ist, dass die Betreiber die Rechenanlagen derart umbauen, dass das Schwemmgut von den Turbinen fern gehalten wird, ohne dass Rechengut entsteht resp. ohne dass das Schwemmgut dem Wasser entnommen wird. Der politischen Weisheit letzter Schluss sollte dies jedoch nicht sein...

Besser ist es deshalb, das Gewässerschutzgesetz entsprechend zu präzisieren, d.h. anstatt einer allgemeinen Entsorgungspflicht die zu lösenden Aufgaben und Kostenträger festzulegen und für den heute noch sozialisierten Nutzen für die Reinigung der Gewässer, den Hochwasserschutz usw. eine Kostenbeteiligung durch die Gemeinwesen vorzusehen.

Ein weiterer Ansatz liegt im Geschwemmsel abweisenden Bau der Wasserfassung. Über dieses Thema gibt eine Broschüre von DIANE Hilfestellungen [1].

### Schlussfolgerung

Waldbesitzer können vielerorts die Gemeinden zum Entsorgen anrufen, wenn Fremde ihren Müll über eine Böschung kippen. Die Betreiber von Kleinwasserkraftwerken sind hingegen meistens auf sich gestellt. Dies sollte sich ändern. Die Leistungen der Betreiber für

den Klimaschutz, das Landschaftsbild, den Hochwasserschutz, den Unterhalt naturnaher Weiher, den Erhalt dezentraler Wertschöpfung und Arbeitsplätze und die Pflege von Kulturgut sollten mindestens dahingehend gewürdigt werden, dass ihre Reinigung der Gewässer vergütet wird und Gesetze nicht «päpstlicher als der Papst» formuliert und vollzogen werden. Im Prinzip sollte deshalb Schwemmgut immer weitergespült werden dürfen, wann und wo sich nicht konkrete Gründe dagegen stellen. Hier sind die Fachleute herausgefordert, sich mit den Gegebenheiten vor Ort und den Besonderheiten der Kleinwasserkraftwerke auseinander zu setzen.

Muss das Schwemmgut entsorgt werden, so sollten die Gemeinwesen für diese Kosten aufkommen. Vernünftige Umweltauflagen können dazu beitragen, dass die Kleinwasserkraftwerke weiterhin ihren Beitrag an die Energieversorgung liefern und als ein Puzzleteil zusammen mit vielen anderen Massnahmen auf der Produktions- und Verbrauchsseite die Elektrizitätsversorgung in der Schweiz auf definitive, nachhaltige Beine stellen.

### Literaturhinweis

[1] Dr. Uelin Schälchli, Andreas Baumgartner und Peter Baumann: Geschwemmsel bei Kleinwasserkraftwerken (existe seulement en allemand). Optimierung der Wasserfassung. Wasserbauliche Massnahmen zur Verminderung des Schwemmguteintrages und Informationen für die Planung, Optimierung und den Betrieb. Bestellnummer EDMZ: 805.636 d, Preis: Fr. 12.80.

### Anschrift des Verfassers

Hanspeter Leutwiler, dipl. Masch.-Ing. ETH, Geschäftsleiter ISKB, Postfach, CH-8910 Affoltern am Albis.

## Le bois mort, un élément nouveau à prendre en compte dans la gestion des cours d'eau français

■ Hervé Piégay

La législation française contraint les propriétaires fonciers riverains de cours d'eau ainsi que les propriétaires d'un droit de pêche à enlever les embâcles de bois des lits fluviaux. En effet, du fait des obstructions qu'elles provoquent, ces accumulations peuvent accroître localement et à l'aval le risque d'inondation, la sensibilité des berges à l'érosion, et contribuer à déstabiliser les ouvrages existants. La loi souligne également que ces accumula-

tions doivent être enlevées afin de «préserver la faune et de la flore dans le respect du bon fonctionnement des milieux aquatiques» – article 114 du code rural.

De fait, la présence de bois mort dans les cours d'eau français n'est pas perçue très positivement et depuis une circulaire ministérielle de 1981 instituant les contrats de rivière, une politique volontariste d'entretien des cours d'eau est promue, la collec-

tivité se substituant progressivement aux riverains.

L'objet de cet article est ainsi de présenter des faits nouveaux conduisant les services publics à redéfinir leur approche dans ce domaine et de proposer un ensemble d'actions permettant d'inscrire les interventions dans une logique de gestion «équilibrée usages – milieux» telle que l'invite la loi sur l'eau du 3 janvier 1992.

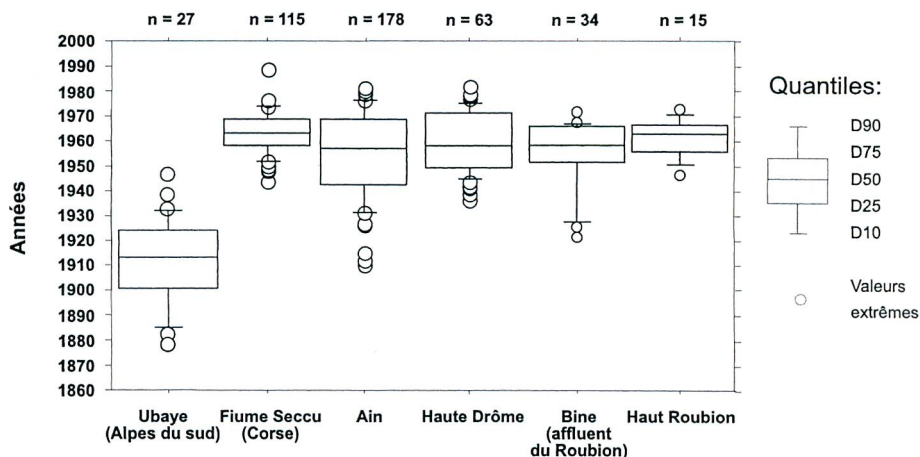


## 1. Le constat

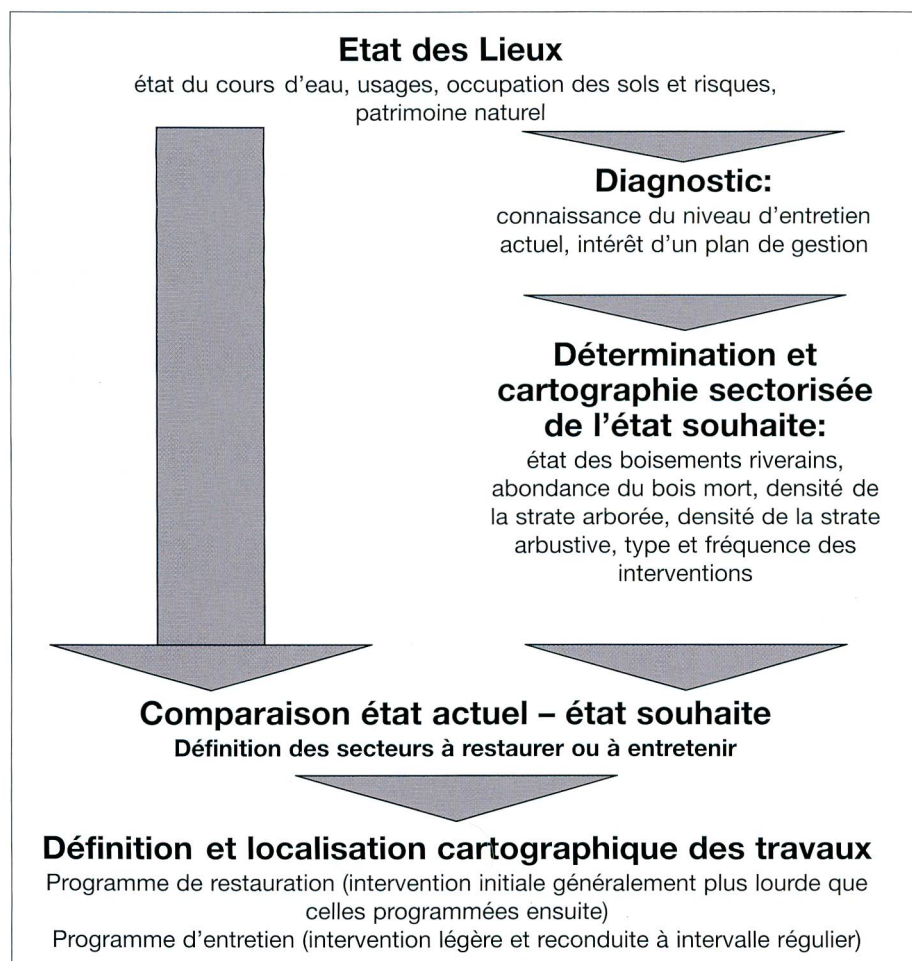
Des travaux américains publiés au début des années 1980 ont montré que le bois mort dans les cours d'eau de la zone tempérée est naturellement présent en grande quantité et que cela est bénéfique pour la faune et la flore. La présence de bois mort dans une rivière constitue en effet une source de nourriture; elle complexifie localement les conditions d'habitat permettant notamment à certaines espèces de poissons qu'il s'agisse de salmonidés ou de cyprinidés, d'assurer leur alimentation et leur frai, de se protéger contre les prédateurs et les crues, et de se reposer. La présence de bois mort entraîne en effet une réduction des vitesses moyennes de l'écoulement ainsi qu'une plus grande variabilité des hauteurs d'eau et de la granulométrie. Thévenet (1998) a ainsi démontré sur plusieurs grands cours d'eau français que la présence d'embâcles accroît la biomasse et la diversité piscicoles.

En matière de gestion des inondations, l'administration française essaie de promouvoir aujourd'hui le concept de «ralentissement dynamique des écoulements», la politique traditionnelle visant à faire transiter au plus vite la masse d'eau vers l'aval ayant en effet montré ses limites, notamment sur les sections aval qui enregistrent des pics de crue plus marqués. Dans ce contexte, il est étonnant de constater que la gestion des embâcles repose encore sur le principe traditionnel du maintien du libre écoulement de l'eau et que leur gestion (enlèvement, maintien, voire réintroduction) ne s'inscrit pas dans cette perspective nouvelle. En étant plus rugueux, les tronçons non entretenus ralentissent les écoulements, favorisent localement l'inondation au profit des sections aval. En incitant les collectivités à promouvoir un entretien à l'échelle des bassins versants, cette politique peut contribuer dans certains cas à accélérer les écoulements et à augmenter l'intensité des pics de crue à l'aval. En d'autres termes, un bon entretien peut augmenter le risque d'inondation.

Le contexte social, économique et paysager des vallées a profondément changé depuis la fin de la seconde guerre mondiale. La modernisation de l'agriculture a conduit les agriculteurs à se spécialiser et à concentrer leur activité sur les meilleures terres, abandonnant de fait les bords de cours d'eau qui se reboisent naturellement (figure 1). Par ailleurs, les arbres riverains ne représentent plus une ressource pour l'agriculteur (bois, nourriture pour le bétail). De fait, il n'est plus possible d'entretenir le lit et les berges comme cela se faisait auparavant. L'intervention ne porte plus aujourd'hui sur une zone à dominante prairiale, généralement ouverte à



**Figure 1. Date d'établissement des arbres occupant les rives de plusieurs cours d'eau du Sud Est de la France. A l'exception de l'Ubaye, la plupart des cas enregistrent un boisement spontané entre 1940 et 1970 à la suite des mutations agricoles.**



**Figure 2. Présentation des différentes étapes de l'étude préalable à un programme d'entretien sectorisé des corridors fluviaux telles que préconisées par le guide technique du SDAGE RMC (Boyer et al., 1998a et b).**

la pâture et où ne se développent ponctuellement que de jeunes arbres mais sur une véritable forêt. Le cycle de renouvellement des bois entrant dans la rivière est ainsi beaucoup plus court, un corridor boisé produisant du bois mort régulièrement. Comme les arbres en place ont aujourd'hui bien souvent près de 60 ans, leur présence résultant principalement de l'abandon de pratiques traditionnelles, le volume de bois déposé sur les

marges des cours d'eau est important et se renouvelle.

En se substituant aux riverains, les collectivités doivent ainsi mettre en œuvre une politique d'entretien plus soutenue et plus coûteuse que celle qui était pratiquée auparavant, parfois dans un contexte de déprise agricole des fonds de vallée c'est-à-dire de moindre vulnérabilité en matière d'érosion des berges et d'inondation.



## 2. Quelles actions promouvoir?

La question posée aujourd'hui à la collectivité est simple: peut-on continuer à promouvoir l'enlèvement des embâcles en s'appuyant sur des principes traditionnels que l'on a par ailleurs remis en cause, sur des textes juridiques obsolètes, n'intégrant pas les avancées en matière de connaissance écosystémique, et ce dans un contexte socio-économique et environnemental qui a changé? En Allemagne et aux Etats-Unis, plusieurs expériences de réintroduction de bois mort ont été réalisées. Certains guides de valorisation piscicole soulignent d'ailleurs des réalisations, de telles démarches étant considérées comme des actions bénéfiques de restauration. Cela n'est pas encore envisageable en France compte tenu de l'obsession collective encore forte de maintenir le libre écoulement des eaux. Par ailleurs, les récentes inondations qui ont touché le territoire national en 2002, et à la suite desquelles l'embâcle a été identifié comme un facteur aggravant, ne vient pas tempérer la situation. La principale crainte concerne la mobilité des bois dans le chenal. Leur présence accroît localement le risque d'inondation sans que cela ne se fasse au profit des sections aval qui peuvent enregistrer également des arrivées de bois et les dommages associés.

Il convient pourtant de redéfinir notre manière de gérer les embâcles (Piégay, 2000). Il paraît difficile d'un point de vue financier de les enlever partout car les corridors fluviaux sont aujourd'hui boisés et produisent du bois, qu'ils soient entretenus ou non, notamment lorsque le chenal est mobile. Afin d'optimiser la politique d'entretien à des fins de gestion du risque, il faut donc identifier des secteurs prioritaires d'intervention. Par ailleurs, il est maintenant bien établi qu'enlever le bois permet de répondre à un besoin local de protection au détriment d'autres fonctions, le bois mort étant bénéfique pour les communautés piscicoles et donc les pêcheurs. Il serait donc judicieux d'en laisser lorsque la valorisation de la ressource piscicole est un enjeu plus important que la protection contre l'inondation.

Nos pratiques ont d'ores et déjà évoluées. Beaucoup de collectivités mettent en œuvre la gestion sectorisée de la végétation telle qu'elle a été préconisée dans le guide publié par l'agence de l'Eau RMC (Boyer et al., 1998a et b – <http://rdb.eaurmc.fr/sdage/guides-notes-techniques.php>) mais le maintien des embâcles dans le lit reste néanmoins un sujet très délicat.

Il convient en effet de moduler nos pratiques d'entretien, secteur par secteur, en fonction d'objectifs de gestion identifiés, étant entendu qu'entretenir n'est pas un bienfait univoque. Pour se faire, une étude pré-



**Figure 3. Exemple de structures destinées à piéger le bois et limiter son déplacement aval ou au sein du lit majeur. A. pieux installés dans un lit d'inondation localisé dans une section concave, prairial, surbaissé, qui sont destinés à retenir les bois avant qu'ils ne traversent la section urbaine de Bourgoin Jallieu (France). B. Barrière de bois réalisée sur la rivière Willamette (amont de Corvallis, Orégon), surmontant une protection de berge en enrochement et destinée à piéger les corps flottants avant qu'ils ne pénètrent dans des plantations forestières localisées en zone inondable.**

alable à toute intervention est préconisée. Celle-ci porte sur l'intégralité d'un linéaire hydrographique qui est découpé en secteurs homogènes au sein desquels est réalisé un état des lieux (état de la ripisylve et du lit, recensement des usages existants) et est défini un état souhaité par les acteurs à partir d'une liste d'objectifs potentiels. La confrontation de ces deux états permet alors plus objectivement de définir quels types d'actions conduire pour maintenir ou atteindre cet état (figure 2). Il est possible dans certains cas de l'entretenir selon une périodicité et une intensité modulable, voire dans d'autres cas de ne rien faire ou encore (en théorie) de réintroduire du bois.

Si le lien entre embâcle et habitat piscicole est aujourd'hui bien compris au niveau stationnel, tout un champ de recherche est encore ouvert afin de comprendre comment le bois est transféré vers l'aval. Afin d'optimiser nos interventions et décider en s'appuyant sur des expériences, il convient de mieux connaître la mobilité du bois dans le système fluvial. Quels sont les bassins qui

produisent le plus de bois mort? Quels sont les débits ou les durées – seuils au delà desquels les entrées de bois mort augmentent fortement? D'où vient-il, quand est-il introduit, où va-t-il, quelle distance parcourt-il, existe-t-il un processus d'affinement au cours du transport? Autant de questions encore les chercheurs n'ont pas encore répondu; des réponses permettraient pourtant de mieux identifier à une échelle régionale, les tronçons sur lesquels un entretien est nécessaire et ceux sur lesquels un risque réel existe en matière de piégeage des fûts et de surélévation de la ligne d'eau. Un travail préliminaire a été réalisé en partenariat avec Electricité de France sur le Rhône (Moulin et Piégay, 2003). Une étude est en cours sur l'Isère. Elle devrait permettre de calibrer la politique d'entretien du réseau hydrographique.

Il est évident aujourd'hui qu'il faut se préparer à vivre avec le bois, à vivre dans un environnement forestier. Une réflexion doit ainsi être conduite par les ingénieurs hydrauliciens afin d'adapter les ouvrages existants, notamment les ponts, aux nouvelles conditions de transferts de bois. Il convient également de proposer des ouvrages susceptibles de retenir les bois flottés, comme cela existe déjà aux Etats Unis, en Allemagne ou au Japon (figure 3). Quelle est la meilleure architecture, doit-on privilégier des implantations en lit mineur ou en lit majeur, combien d'ouvrages sont nécessaires, où doivent-ils être localisés dans le tronçon... quand doit-on les vider, qui va les gérer? Autant de questions à résoudre pour mieux vivre dans un environnement qui inéluctablement se boise.

Les démarches techniques ne sont pas les seules à devoir être abordées dans ce cadre. En terme d'aide à la décision, il est également important de comprendre les comportements collectifs et individuels. L'acceptabilité sociale diffère d'un ensemble culturel à un autre. Pourquoi peut-on imaginer réintroduire du bois aux Etats-Unis ou en Allemagne et par en France? Le bois mort bénéficie d'une image négative, il s'apparente à un déchet. Quelles sont nos représentations, pourquoi les citoyens que nous sommes devenus réagissent encore comme nos parents agriculteurs? Doit-on avoir peur de la forêt? Par ailleurs, la question économique mérite également d'être posée. Combien coûtent actuellement les politiques d'entretien, quels en sont les bénéfices collectifs?

### Références bibliographiques

Boyer M., Piégay H., Ruffinoni C., Citterio A., Bourgerie C. et Caillebotte P., 1998a: Guide technique SDAGE n° 1 – La gestion des boisements de rivière: dynamique et fonctions de la ripisylve. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 49 p.



Boyer M., Piégay H., Ruffinoni C., Citterio A., Bourgeri C. et Caillebotte P., 1998b: Guide technique SDAGE n° 2 – La gestion des boisements de rivière – Définition et sectorisation des objectifs de gestion et des niveaux d'entretien. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 56 p. et annexes.

Diehl T. H., 1997: Potential Drift Accumulation at Bridges. Publication No. FHWA-RD-97-028. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Research and Development, Turner-Fairbank Highway Research Center, Virginia. <http://tn.water.usgs.gov/pubs/FHWA-RD-97-028/drfront1.htm>

Moulin B., et Piégay H., 2003 (sous presse): Characteristics and temporal variability of LWD stored in the reservoir of Genissiat (Rhône): elements for river basin management. River Research and Applications.

Piégay H., 2000: Le bois mort en rivière, faut-il toujours l'enlever? C. R. Acad. Agric. Fr., 86 (7): 97–107.

Thévenet A., 1998: Intérêt des débris ligneux grossiers pour les poissons dans les grands cours d'eau: pour une prise en compte de la dimension écologique des débris ligneux grossiers dans la gestion des cours d'eau. Thèse de doctorat, Université de Lyon I, France.

Adresse de l'auteur

Hervé Piégay, CNRS – UMR 5600 Environnement – Ville – Société, 18 rue Chevreul, F-69362 Lyon cedex 07, France – [piegay@univ-lyon3.fr](mailto:piegay@univ-lyon3.fr)

# Schwemmholz und Hochwasserschutz

■ Peter Heiniger, Armin Petrascheck

## Zusammenfassung

Holz gehört zum Gewässer – wie Wasser und Geschiebe. Totholz trägt zur Strukturierung der Sohle bei, bildet Unterstände und ist eine Nahrungsquelle. Ufervegetation sorgt für Beschattung, stabilisiert die Ufer, bildet und vernetzt Lebensräume. Diesen Vorteilen stehen aber auch Nachteile (Verklauung von Engstellen, Räumungskosten usw.) gegenüber. Analysiert man aber die ökologischen Funktionen und die Anforderungen des Hochwasserschutzes, so findet man, dass keineswegs ein Gegensatz zwischen Hochwasser- und Gewässerschutz bestehen muss.

## Probleme

Schwemmholz kann Brücken und Engstellen verklauen und Rechen verstopfen und so zu Überschwemmungen führen. Wegen durchbrechender Verklauungen können Flutwellen entstehen.

Die dynamische Belastung durch schwimmende Baumstämme muss bei der Dimensionierung von Bauwerken im Abflussbereich berücksichtigt werden (Brückenpfeiler, Sperrenflügel, Holzrechen usw.).

Im Katastrophenfall können aber auch in Ufernähe Bauten betroffen werden, deren Konstruktion nicht auf solche Belastungen ausgelegt ist. Schwere Verwüstungen sind dann die Folge.

Bewusst wurde im Titel der Begriff «Schwemmholz» und nicht «Totholz» verwendet. Dadurch soll nicht eine Diskussion über das Thema «Wann ist Holz tot?» provoziert, sondern darauf hingewiesen werden, dass für den Hochwasserschutz nur das schwimmende Holz ein Problem bildet und davon vor allem die während des Ereignisses anfallenden ganzen Bäume.

## Herkunft des Schwemmholzes

Eine Analyse des durch das Hochwasserereignis vom August 1987 im Obergoms mobilisierten Schwemmholzes ergab folgendes Bild über die Herkunft:

Auenwald	19%
Uferbestockung	12%
Rutschungen	17%
Totholz (Lawinen u.Ä.)	35%
Holzlager	17%

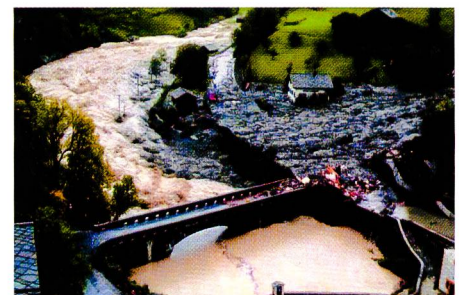
Es kann also festgehalten werden, dass bei diesem Ereignis ungefähr die Hälfte des Schwemmholzes während des Ereignisses durch Rutschungen, Unterspülung der Ufervegetation und aus Auenwäldern mobilisiert wurde.

Die andere Hälfte bestand aus Totholz, das zum Teil schon lange im Gewässerbett lag, oder stammte von Holzlagern, welche zu nahe am Abflussbereich angelegt worden waren.

Diese Aufteilung ist nicht allgemeingültig. Beim Ereignis an der Goldach 2002 z.B. stammten ca. 80% des Schwemmholzes aus ufernahen Rutschungen, welche durch das Hochwasserereignis ausgelöst wurden.

Bezüglich der Herkunft von Schwemmholz lassen sich fünf Gruppen unterscheiden. Einige Beschreibungen von Gruppen sind mit Hinweisen ergänzt, welche in Bezug auf den Hochwasserschutz relevant sind:

1. Aus Auenwäldern und Uferbestockungen kann Schwemmholz mobilisiert werden. Durch Auenwälder kann aber auch Schwemmholz ausgekämmt werden. Die Uferbestockung ist durch hochwasserbedingte Erosion besonders dann gefährdet, wenn sie nicht standortgerecht ist. Mit Erlen oder Weiden bestockte Ufer sind stabiler. Eine ungeeignete Uferbestockung kann im Überlastfall zu einem Schwemmholzlieferanten werden.



**Bild 1. Verschiedene Hochwassersituationen mit Schwemmholzablagerungen.**

Besonders gefährlich sind grosse Bäume im Querprofil, die den Hochwasserabfluss behindern können. Diese sollten in jedem Fall im Rahmen von Unterhaltsarbeiten gefällt werden.

2. Auch durch Rutschungen kann Holz in die Gerinne verfrachtet werden.
3. Durch Lawinen kann im Einzelfall auf spektakuläre Art besonders viel Holz in den Abflussbereich gelangen.



Jahr	Gewässer	Holzmenge in m <sup>3</sup>	Einzugsgebiet km <sup>2</sup>
1987	Bodensee (nur CH + A)	6000	7000
1987	Obergoms	1700	300
1993	Genfersee	6000	5300
1993	Rotten Pfynwald	4000	3300
1993	Brig Saltina	2000	80
1997	Sachsels	6000	10
1999	Bodensee (CH + D + A)	30000	10000
2000	Genfersee	10000	5220

**Tabelle 1. Schwemmholtmengen.**

4. Totholz aus früheren kleineren Ereignissen befindet sich immer im Bachbett und wird bei einem grossen Hochwasser mobilisiert.  
Ein vollständiges Entfernen des Altholzes aus den Gewässern macht aus ökologischer Sicht wenig Sinn. Hingegen kann es sinnvoll sein, das nach einem Ereignis in den Gerinnen liegende Frischholz zu entfernen oder zumindest so zu zerkleinern, dass es für die Unterlieger keine Gefahr mehr bedeutet.
5. Ein respektabler Teil des Schwemmholtzes stammt jeweils aus ufernahen Holzlagern (Wirtschaftsholz).

### Anfallende Mengen

Je nach Intensität des Ereignisses sind grosse Unterschiede möglich. Einerseits muss eine hohe Dynamik vorhanden sein, um Rutschungen auszulösen oder Bäume zu entwurzeln. Andererseits spielt die Vorgesichte (Lawinenabgänge, lange, an Hochwasser arme Perioden, Gewässerunterhalt) eine Rolle. Einige Beispiele in Tabelle 1.

In der Literatur wird zwischen Schwemmholtmenge, mit der bei einem bestimmten Ereignis zu rechnen ist, und Schwemmholtspotenzial, das bei einem Extremereignis auftreten kann, unterschieden. Sowohl für die Schwemmholtmenge wie auch für das Schwemmholtspotenzial gibt es Abschätzformeln. Dabei kann das Schwemmholtspotenzial als eine Funktion der Grösse des bewaldeten Einzugsgebietes oder der bewaldeten Gerinnelänge dargestellt werden. Bei der Schwemmholtmenge gibt es einen Zusammenhang mit der Feststofffracht resp. der Wasserfracht. Die extreme Streuung der bei einzelnen Ereignissen beobachteten Mengen begrenzt jedoch den Aussagewert von Formeln.

### Grössen (Längen)

Verschiedene Abschätzungen zeigen:

- Der Schwerpunkt liegt in Bereichen zwischen 3 m und 5 m.
- Nur wenige Stämme überschreiten die Länge von 20 m.

- Wurzelstöcke erreichen Grössen von 2 m bis 3 m.

Bei längeren Fliessstrecken findet eine Zerkleinerung statt. Nur die stärksten Stämme behalten Längen von über 10 m.

In einer Schwemmholtstudie aus dem Jahre 1999 wurden vom Ingenieurbüro Duwaplan GmbH in Altdorf (unveröffentlicht) zwei Methoden für die Abschätzung der Abmessungen von Schwemmholt beschrieben.

Gemäss der ersten Methode werden Fotos ausgewertet, die nach Hochwasserereignissen aufgenommen wurden. Die Auswertung von Stichproben aus Schwemmholtdeponien beruht auf derselben Idee.

Bei der zweiten Methode wird von den gefährdeten bestockten Flächen ausgegangen. Mit Hilfe der nach dem Unwetter 1997 in Sachsels gewonnenen Erkenntnisse kann danach auf die Schwemmholtzusammensetzung geschlossen werden.

### Verhalten

Die Schwimmfähigkeit von Holz ist abhängig von der Holzart und der Holzfeuchtigkeit. Fichtenholz schwimmt fast immer, Buchenholz fast nie.

Das Holz folgt der Hauptströmung, dreht sich aber, wenn es auf ein Hindernis stösst. Gerade dieses Drehen ist oft Ursache der Verklausungen. Es lagert sich bei geringen Wassertiefen leicht ab.

Beginnt die Verklausung mit den ersten grossen Stücken, so verkeilen sich sofort auch kleinere Teile. Zusammen mit Ästen und Laub kann sich dann eine dichte Wand aufbauen. Im nun entstehenden Rückstau lagert sich auch Geschiebe ab.

### Schlussfolgerungen, Massnahmen

#### Schlussfolgerungen

1. Holz im und am Gewässer erfüllt wesentliche ökologische Funktionen. Standortgerechte Vegetation stabilisiert die Ufer. Ein Kahlschlag in Gewässernähe ist deshalb keine Lösung.
2. Schwemmholt fällt auch während des Ereignisses an. Räumung von Totholz im Ge-

wässer kann die anfallende Menge und damit das Verklausungsrisiko substantiell vermindern, aber nicht ausschliessen.

3. Holzrechen verlegen sich rasch und können sich durch Äste und Laub abdichten. Im Rückstau wird dann auch Geschiebe abgelagert.
4. Es sind die grossen Stücke, die eine Verklausung einleiten. Gerade diese fallen oft während des Ereignisses (Rutschungen) an.

#### Massnahmen

1. Damit das Holz nicht in der Spätphase des Ereignisses über die Sperren schwimmt, sind für den Holzrückhalt in der Regel grosse Rückhalteräume erforderlich.
2. Unterhalt sollte sich auf Verkleinerung der im Gerinne befindlichen Stücke und auf das Fällen grosser Bäume im Bereich der Ufererosion beschränken.
3. Schwemmholtzrückhalt bei Rechen sollte möglichst selektiv nur die grossen Stücke erfassen. Man verkleinert dadurch die erforderlichen Rückhaltevolumina und die Räumungskosten. Es ist billiger, das Holz aus dem See zu fischen, als aus entlegenen Sammlern zu entnehmen.

#### Literaturhinweise

R. Bänziger: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987: Teilprojekt Schwemmholt; BWW 1992, EDMZ Bern.

S. Walther: 1996, Studie Consecru, Teilprojekt Schwemmholt, interner Projektbericht; Dienststelle für Wald und Landschaft, Sion.

Anschrift der Verfasser

Peter Heiniger, Armin Petrascheck, Bundesamt für Wasser und Geologie, Postfach, CH-2501 Biel.