Schwemmholzrückhalt beim Einlauf-Bauwerk zum Lyssbachstollen

Autor(en): **Pfister, Michael**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **102 (2010)**

Heft 4

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941668

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schwemmholzrückhalt beim Einlauf-Bauwerk zum Lyssbachstollen

Michael Pfister

Zusammenfassung

Der Lyssbachstollen entlastet die Gemeinde Lyss von künftigen Hochwassern. Diese werden oberstrom der Gemeinde gefasst und im Stollen um Lyss geleitet. Im Rahmen einer Risikoanalyse wurde auch der unwahrscheinliche Fall von Schwemmholzaufkommen bei einem Hochwasser in Betracht gezogen. Das Fassungsbauwerk wurde in der Folge derart ausgelegt, dass Schwemmholz die Funktionstüchtigkeit des Hochwasserstollens nicht gefährden soll. Die geplanten Massnahmen wurden in Modellversuchen an der VAW überprüft.

1. Einleitung

Der Lyssbach überflutete wiederholt Teile von Lyss im Berner Seeland und verursachte bisher Schäden von gegen 100 Mio. Franken. Allein im Sommer 2007 traten drei Hochwasserereignisse auf. Ursache für diese Überflutungen waren Kapazitätsengpässe des Bachbetts. Um die Hochwassersicherheit in der Gemeinde Lyss zu verbessern, sind Massnahmen zu ergreifen. Abklärungen haben ergeben, dass ein Entlastungsstollen gebaut werden soll. Dieser Stollen fasst ein Hochwasser beim Einlaufbauwerk Leen oberstrom von Lyss und führt es in gestreckter Linienführung zum Auslaufbauwerk Fulenmatt unterstrom der Gemeinde. Das Gerinne des Lyssbachs im Dorf wird für den Hochwasserfall nur mit einem reduzierten, vertretbaren Abfluss beschickt.

Bei bisherigen Hochwässern wurde im Lyssbach kein ausgeprägtes Schwemmholzaufkommen beobachtet. Trotzdem soll sichergestellt werden, dass der Entlastungsstollen auch bei einem unerwarteten Schwemmholzaufkommen funktionstüchtig bleibt und keine bedeutenden Ausuferungen beim Einlaufbauwerk auftreten. Daher wurde das Einlaufbauwerk mit einem Grobholz-Einlaufrechen versehen, welcher einen Eintritt von Schwemmholz in den Stollen und damit ein Verklausen verhindern soll. Die Versuchanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich wurde in der Folge vom Tiefbauamt des Kantons Bern beauftragt, die Effizienz dieses Grobholzrechens im physikalischen Modellversuch mit Massstab 1:16 abzuschätzen (VAW 2010).

2. Einlaufbauwerk zum Lyssbachstollen

Im Hochwasserfall staut ein Drosselwehr den Lyssbach und lässt nur einen reduzierten Abfluss Richtung Gemeinde zu *(Bild 1)*. Die Strömung wird dann aus dem Hauptgerinne des Lyssbachs über einen seitlichen, überströmbaren Damm in einen Beruhigungsteich geleitet, welcher bei Niederwasser mit stehendem Wasser gefüllt ist. Von diesem fliesst das Wasser einem 1.85 m hohen Überfallwehr mit Kronenkote 456.10 m ü.M. zu, welches knapp 36 m lang ist und schräg angeströmt wird. Ans Überfallwehr schliesst eine 4.68 m breite Sammelrinne an, welche das Wasser nach einer knapp 60 m langen Beschleunigungs- und Verzugsstrecke dem 2.5 km langen Stollen mit einem lichten Durchmesser von 4.40 m zuführt (Rühli et al. 2010).

Der Grobholzrechen besteht aus vertikalen, strömungstechnisch günstigen Rundprofilstäben mit einem Achsabstand von 1 m und einem Durchmesser von 0.24 m, verfügt über eine gerade Achse und ist dem Überfallwehr um 3 m vorgelagert. Dieser eher enge Stababstand wurde gewählt, um einen verhältnismässig grossen Schwemmholzrückhalt zu erreichen. Die beiden Stirnseiten sind mit jeweils zwei Stäben verbaut. Die Rechenstäbe werden bis auf Kote 457.50 m ü.M. hochgezogen, damit bei Hochwasser kein Holz über den Grobholzrechen ausgetragen wird.

Die Zuflüsse des Lyssbachs betragen für ein 100-jährliches Hochwas-

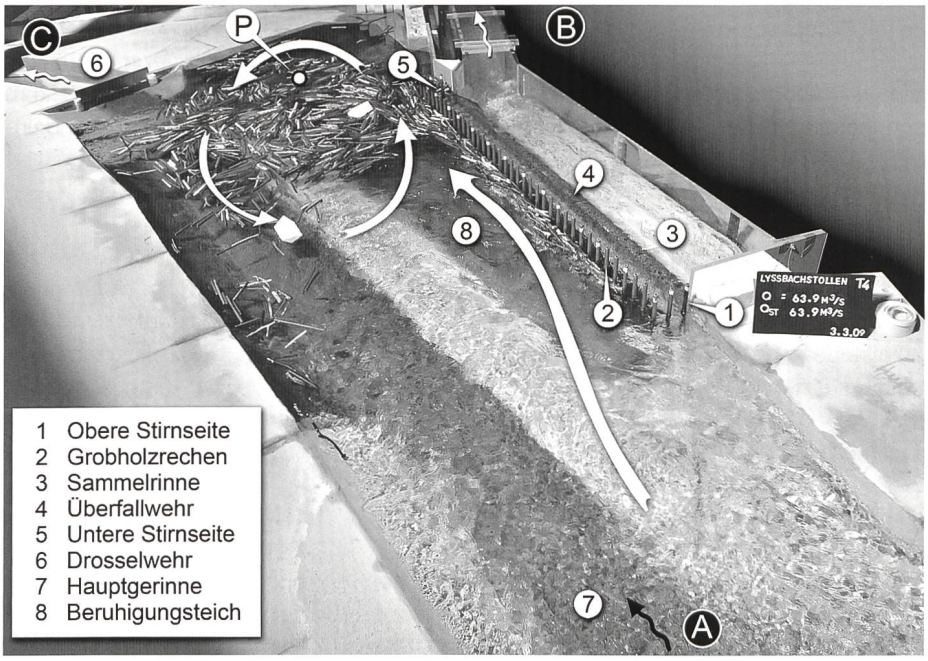


Bild 1. Einlaufbauwerk zum Entlastungsstollen bei Hochwasser mit Schwemmholzaufkommen, charakteristischer Schwemmholzpfad und Zirkulationszone. (A) Zufluss Lyssbach, (B) Abfluss im Entlastungsstollen, (C) Drosselwehrabfluss nach Lyss und (P) Wasserspiegel-Messpunkt.

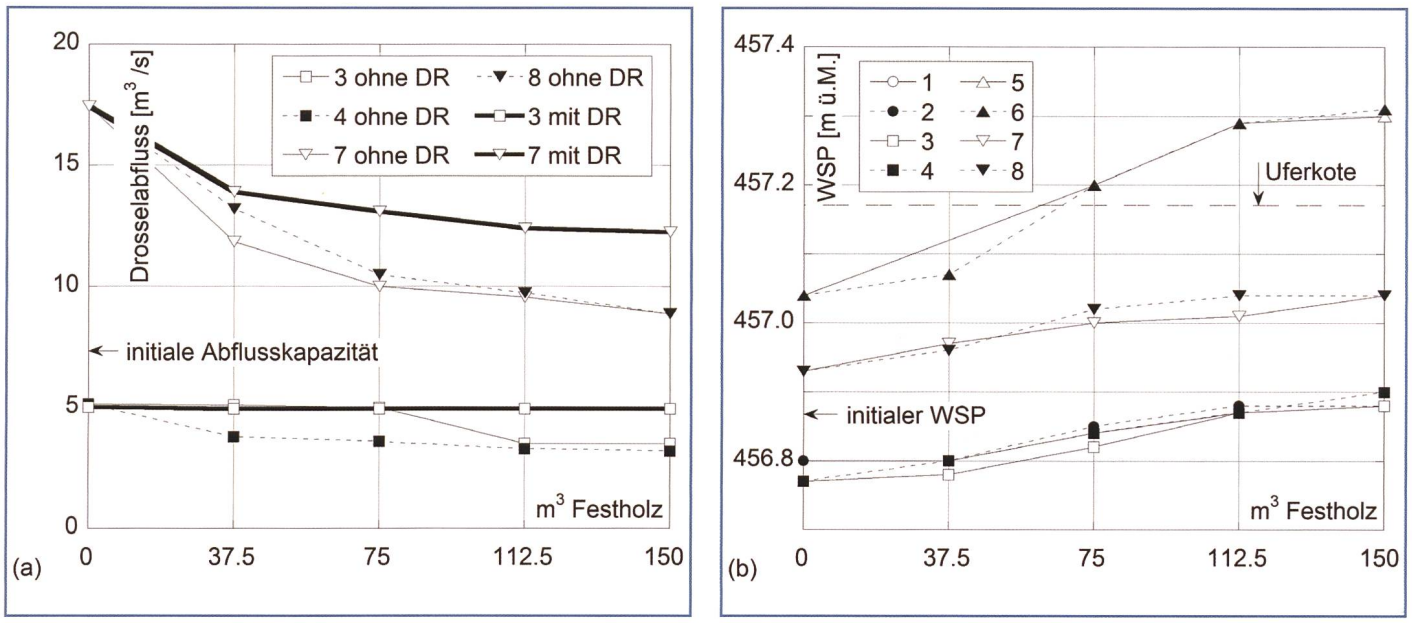


Bild 2. (a) Residualer Drosselwehrabfluss mit und ohne Drosselrechen (DR) und (b) Wasserspiegellagen im Beruhigungsteich bei P (Bild 1). Beide als Funktion der Schwemmholzzugabe und für LF gemäss Legende und Tabelle 1.

ser HQ_{100} = 42.6 m³/s und für ein Extremhochwasser EHQ = 63.9 m³/s. Bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis und Starkniederschlägen in Lyss werden durch das Drosselwehr höchstens 5 m³/s abgeleitet, damit die Kapazität des Bachbetts von 17.4 m³/s im Dorf für Nebenzuflüsse eine ausreichende Reserve aufweist. Ansonsten wird der Lyssbach im Dorf bei einem HQ_{100} mit 17.4 m³/s beschickt. Bei einem Extremhochwasser wird auf die Reserve verzichtet und das Drosselwehr auf 17.4 m³/s geöffnet. Bei Niederwasser ist das Drosselwehr voll geöffnet. Die Kapazität des Entlastungsstollens wird auf den vollen Lyssbachzufluss ausgelegt, d.h. für den Fall eines geschlossenen Drosselwehrs.

Das Konzept zur Rückhaltung von Schwemmholz lehnt sich an jüngste Forschungsarbeiten der VAW an (Möller et al. 2009, Weitbrecht und Rüther 2009, VAW 2009, Tamagni und Weitbrecht 2010) und verbindet einen schräg angeströmten Rechen mit einer Zirkulationszone *(Bild 1)*. Schräg und insbesondere längs angeströmte Rechen haben die Eigenschaft, anfallendes Holz parallel zur Rechenachse auszurichten. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Holz den Rechen passiert, verringert sich dadurch deutlich. Ein bedeutender Anteil des Holzes wird stattdessen typischerweise dem Rechen entlang zur Zirkulationszone transportiert, wo es bis zum Ende des Ereignisses verbleibt, anstatt den Rechen zu verlegen. Daher ist dessen Verlegungsgrad vergleichsweise gering und die Durchströmung weniger stark eingeschränkt, so dass auch der rechenerzeugte Aufstau des Oberwassers relativ gering ist.

3. Schwemmholzaufkommen

Eine grobe Abschätzung des Schwemmholzaufkommens im Lyssbach basiert auf einer Überschlagsberechnung nach Lange und Bezzola (2006), da Erfahrungen mit Schwemmholz im Lyssbach fehlen und die Modellversuche eine Extrembetrachtung abdecken. Das Lockervolumen des Holzaufkommens H [m³] korreliert oft mit der Fläche des Einzuggebiets EG [km²], welche beim Einlaufbauwerk zum Lyssbachstollen 48.2 km² beträgt. Im vorliegenden Fall ist somit das mögliche Lockervolumen ungefähr $H = 45 \cdot EG^{2/3} = 596$ m³. Die Umrechnung zum Festholzvolumen V erfolgt mit dem Auflockerungsfaktor a, der typischerweise zwischen zwei und fünf beträgt. Der Faktor zwei steht für eine sehr kompakte, fünf wird für eine lockere Lagerung angesetzt. Aufgrund mangelnder Daten wird hier mit einem Mittelwert von $a = 3.5$ gerechnet, so dass $V = H/a = 170$ m³.

Der Kunde hat auf dieser Basis das massgebende Schwemmholzvolumen für die Versuche freihändig auf $V = 150$ m³ Festholz festgelegt. Die Holzzusammensetzung definiert er wie folgt: ¾ des anfallenden Holzes, d.h. rund 110 m³, bestehen aus Astwerk mit Längen von 1 bis 2 m, und ¼ des anfallenden Holzes, d.h. rund 40 m³, besteht aus Baumstämmen von ca. 3 m Länge. Zusätzlich werden in der Schwemmholzfracht einzelne Wurzelstöcke erwartet. Weiter hat der Kunde festgelegt, dass das Schwemmholz sowohl kontinuierlich, d.h. nach und nach in Form von Einzelstämmen, als auch schubweise, d.h. als lockerer Haufen, anfallen kann.

Der Zufluss aus dem Lyssbach wird entweder als HQ_{100} oder EHQ angesetzt, da eine Mobilisierung von Schwemmholz bei diesen Hochwässern am wahrscheinlichsten ist. Die beiden Hochwasserfälle werden sowohl bei geschlossenem als auch bei geöffnetem Drosselwehr untersucht. Die beiden Schwemmholztypen «Stammholz» und «Astholz» werden für die Versuche gleichmässig gemischt und jeweils in Vierteln der Gesamtfracht dem Zufluss zugegeben. Jeder Viertel enthält zudem einen Wurzelstock. Nach Zugabe jedes Viertels wird der Wasserspiegel beim Punkt P rechtsufrig im Beruhigungsteich gemessen *(Bild 1)*. Am Ende eines Tests, d.h. nach Zugabe von 4/4 der Fracht bzw. 150 m³ Festholz, wird die Masse des nicht zurückgehaltenen Holzes sowohl unterstrom des Drosselwehrs als auch am Ende des Modellstollens gewogen und in Relation zur Gesamtfracht gesetzt.

Im Modell ist der Rechen-Verlegungsgrad generell geringer als im nachgebildeten Prototyp, da Blätter und kurzes Astwerk dem Schwemmholz nicht massstäblich beigemischt werden können. Das Modell überschätzt daher Abflüsse durch verlegte Rechen, und unterschätzt damit die erzeugten Aufstauhöhen. Zudem ist die Steifigkeit des Modellholzes vergleichsweise gross, so dass ein Brechen der Stämme im Prototyp wahrscheinlicher ist (Rimböck 2003). Insbesondere beim verlegten Rechen sind Hölzer der Strömungskraft ausgesetzt, was im Prototyp eher zum Bruch und damit zum Passieren des Rechens führen kann.

4. Auswirkungen des Schwemmholzes

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der untersuchten Lastfälle (LF) sowie der wichtigsten Beobachtungen und Parameter im Bereich des Beruhigungsteichs, welche durch das Schwemmholz beeinflusst werden. Generell liegt der Holzaustrag beim Grobholzrechen knapp über 10% bei HQ_{100} (LF 1 bis LF 4) und knapp über 20% bei EHQ (LF 5 bis LF 8). Im Umkehrschluss folgt, dass bei HQ_{100} knapp 90% und bei EHQ knapp 80% des Holzes bei geschlossenem Drosselwehr zurückgehalten werden. Es passiert fast ausschliesslich kurzes Astholz den Grobholzrechen, während langes Stammholz in der Regel zurückgehalten wird.

Durch das geöffnete Drosselwehr wird im Modell weniger als 1% des anfallenden Holzes bei einem initialen Abfluss von 5.0 m^3/s, und ungefähr 4 bis 7% bei einem initialen Abfluss von 17.4 m^3/s ausgetragen. Das geöffnete Drosselwehr verklaust im Hochwasserfall immer, wodurch sich ihre initiale Abflusskapazität bis zur Hälfte verringert, wie die Tests ohne Drosselrechen in *Bild 2a* zeigen.

Ein verklauster Grobholzrechen stellt für die Strömung ein Hindernis dar, so dass diese beim Einfliessen in die Sammelrinne mehr Energie dissipiert. Diese wird durch einen zusätzlichen Aufstau im Beruhigungsteich zur Verfügung gestellt. Als Konsequenz steigt dort der Wasserspiegel an, was bei einzelnen Lastfällen zu Ausuferungen führt. Diese Ausuferungen werden ausschliesslich in der Zirkulationszone im unteren Bereich des Teichs, d.h. entlang der flachen Böschung zwischen dem Grobholzrechen und dem Drosselwehr beobachtet. *Bild 2b* zeigt die maximal gemessenen Wasserspiegellagen in Funktion der Schwemmholzzugabe, lokal aufgenommen beim Punkt P *(Bild 1)*. Die initialen Wasserspiegel, definiert als Wasserspiegel vor der Holzzugabe, sind beim Wert Null der Ordinate zu entnehmen. Der zusätzliche, durchs Schwemmholz verursachte Aufstau entspricht somit der Differenz zwischen den jeweiligen Wasserspiegel und dem initialen Wert vor der Holzzugabe. Die minimale Kote der Uferlinie von 457.17 m ü.M. im Ausuferungsbereich ist im Bild gekennzeichnet. Der maximale Überstau beträgt ungefähr 0.13 m bei geschlossenem Drosselwehr für die LF 5 und 6. Dieser wird im Modell allerdings leicht verfälscht, da dort beim Austrittsquerschnitt kein Einfluss der Vegetation und der unterwasserseitigen Strömung wirkt.

In *Bild 3* ist das typische Verhalten des Schwemmholzes im Beruhigungsteich dargestellt. Zu Beginn der Zugabe, d.h. nach dem ersten Viertel bzw. nach 37.5 m^3 Festholz, strömt bei geschlossenem Drosselwehr das meiste Holz den Grobholzrechen ungefähr in dessen Mitte an und verklaust dort zu einem dünnen Holzstreifen. Am unterstrom gelegenen Ende des Grobholzrechens bildet sich ein lockerer Haufen, von dem sich sporadisch Holz löst und dann in der Zirkulationszone langsam rotiert. Die ersten Meter des Grobholzrechens nahe der oberen Stirnseite sind vollständig frei. Nach Zugabe des zweiten Viertels bzw. nach 75 m^3 Festholz *(Bild 3a)* migriert das zugegebene Holz meist entlang des dünnen Holzstreifens vor dem Grobholzrechen direkt zur Zirkulationszone, ohne den Grobholzrechen massgeblich zu verlegen. Der Austrag durch den Grobholzrechen ist gering. Zudem erzeugt die Zirkulation entlang des linken Ufers eine ausgeprägte Rückströmung und führt dadurch dem untersten Rechenabschnitt stetig Holz zu. Obwohl nach Zugabe des dritten Viertels bzw. nach 112.5 m^3 Festholz nur noch wenig Holz zusätzlich am Grobholzrechen hängen bleibt, ist dieser inzwischen auf praktisch seiner ganzen Länge bis zur Sohle hin verlegt *(Bild 4)*, mit Ausnahme der ersten Meter bei der oberen Stirnseite. Der grössere Holzanteil strömt parallel am Grobholzrechen entlang und gelangt zur Zirkulationszone. Diese ist nun ganz mit Holz gefüllt. Am Ende der Zugabe, d.h. nach 150 m^3 Festholz *(Bild 3b)*, verkeilt sich der Haufen in der Zirkulationszone zunehmend auf der flachen Uferböschung zwischen dem Überfallwehr und dem Drosselwehr und kommt schliesslich zum Stillstand. Die obersten Meter des Grobholzrechens und die obere Stirnseite sind nicht verlegt und leiten einen bedeutenden Anteil des Ab-

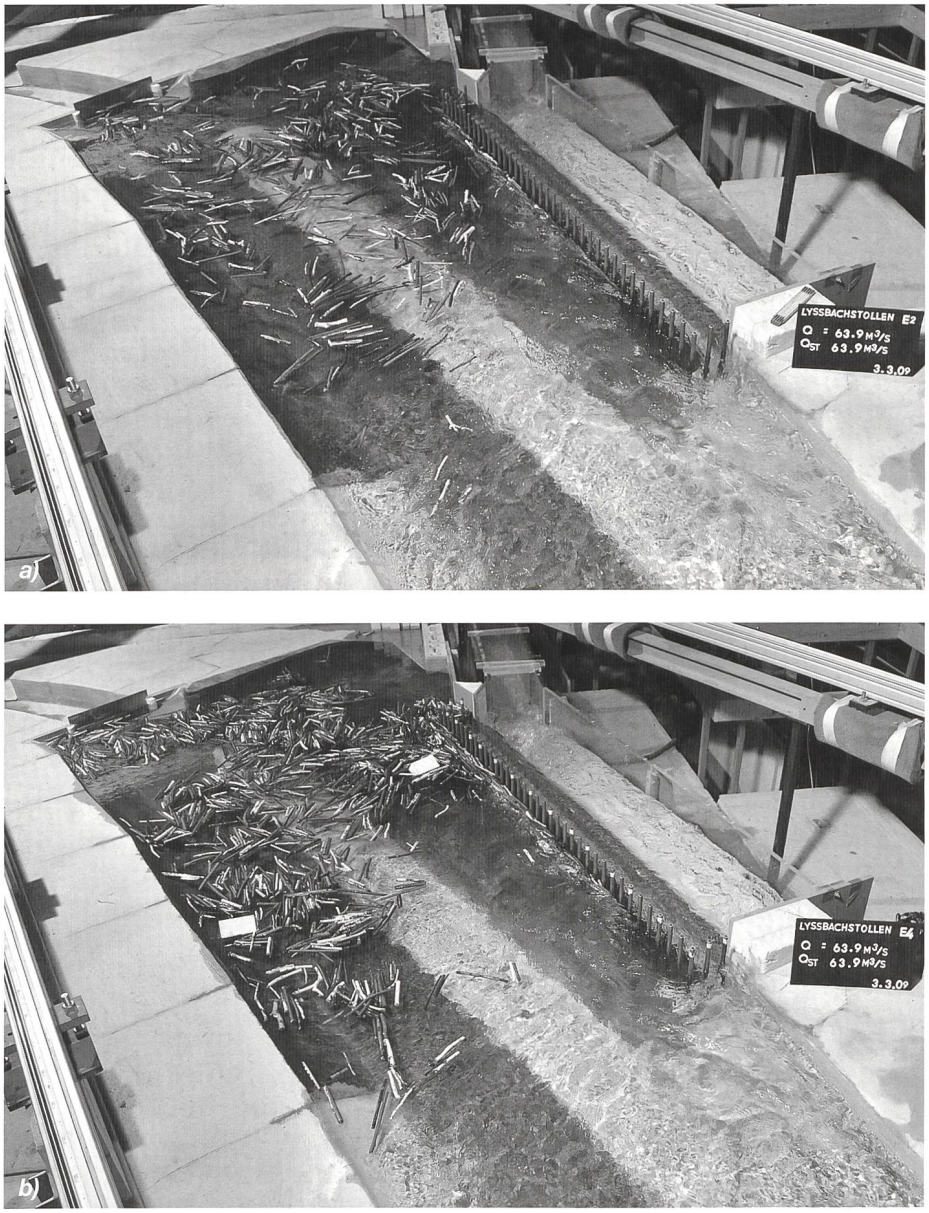


Bild 3. Schwemmholzsituation im Beruhigungsteich nach Zugabe von (a) 75 und (b) 150 m^3 Schwemmholz für LF 5.

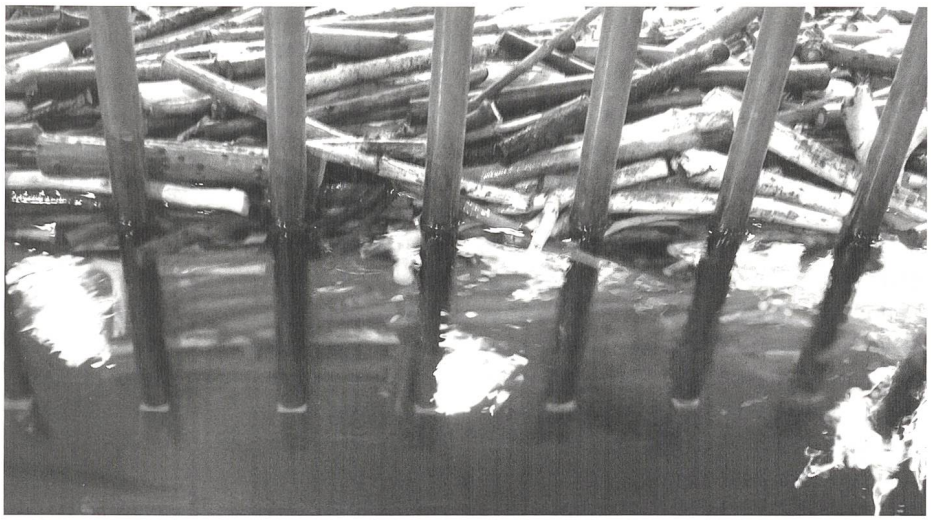


Bild 4. Von der Sohle bis über den Wasserspiegel verlegter Grobholzrechen (LF 2, nach Zugabe von 150 m³ Festholz), von der Rückseite betrachtet und nahe der unteren Rechenstirnseite.

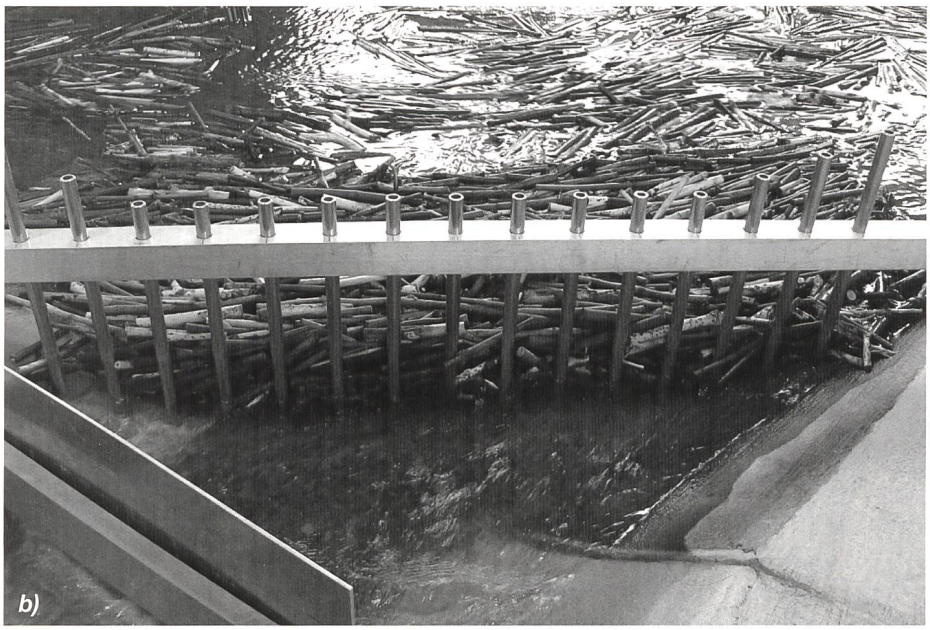


Bild 5. Nach Zugabe von 150 m³ Festholz beim LF 8, (a) verklaustes Drosselwehr ohne und (b) freies Drosselwehr mit Drosselrechen.

flusses ab. In der Sammelrinne tritt trotz Schwemmholzaufkommen und grösstenteils verlegtem Grobholzrechen das ungestörte und effiziente Tauchstrahlregime auf (Rühli et al. 2010), insbesondere dank der freien oberen Rechenstirnseite.

Bei geöffnetem Drosselwehr zeigt sich grundsätzlich eine analoge Schwemmholzsituation. Durch die Drosselströmung bedingt kommt bereits ab der Zugabe des ersten Viertels ein Holzhaufen vor dem Drosselwehr zu liegen *(Bild 5a)*. Einzelne Hölzer verkeilen sich unter der Schützenlippe, was die Regulierbarkeit oder ein Schliessen des Drosselwehrs ohne vorherige Räumung des Holzes erschweren oder verunmöglichen kann. Zudem wird durch die Verlegung der initiale Abfluss abgemindert. Wenn das Schwemmholz schubweise, d.h. in Form eines Haufens, anfällt, ist das Drosselwehr früher als bei einer Einzelholzzugabe verlegt. Dieses ist dann bereits beim ersten Holzaufkommen massgeblich verklaust, weshalb danach weniger Holz passieren kann.

Schwemmholz, das durch den Grobholzrechen des Umleitstollens gelangt, verursacht im Modell weder in der Sammelrinne, der Beschleunigungs- und Verzugstrecke noch im Stollen eine nachhaltige Störung des Abfluss oder gar eine Verklausung.

5. Drosselrechen

Das Drosselwehr verklaust immer, wenn es bei Hochwasser mit Schwemmholzaufkommen geöffnet ist. Es resultieren eine Abflussreduktion und betriebliche Einschränkungen beim Regulieren. Daher wurden unterschiedliche Drosselrechen untersucht, von denen ein schräg zum Drosselwehr angeordneter Rechen mit einem Stababstand von 1 m und einem Stabdurchmesser von 0.24 m insgesamt günstigste hydraulischen Eigenschaften aufweist *(Bild 5b)*. Auch dieser wird schräg angeströmt: Bei Niederwasser fliesst die Strömung aus dem Hauptgerinne auf den Drosselrechen zu und im Hochwasserfall entsprechend der Zirkulation aus dem Beruhigungsteich. Zudem ist die Rechenlänge grösser als die Drosselbreite, was die Abflusskapazität im Hochwasserfall erhöht. Holz, das diesen Drosselrechen vereinzelt trotzdem zu passieren vermag, verkeilt sich im Modell nicht beim Drosselwehr. Entsprechend bleibt das Drosselwehr frei von Schwemmholz, und es bestehen keine Einschränkungen bezüglich der Regulierbarkeit. In *Tabelle 2* sind Kennzahlen zweier Lastfälle mit und ohne Drosselrechen vergleichend gegen-

LF No.	Zufluss Lyssbach [m³/s]	Initialer Abfluss Drossel [m³/s]	Abfluss LBS [m³/s]	Art der Zugabe	Zus. WSP-Anstieg BT [m]	Ausuferung BT	Holzaustrag Grobholzrechen [%]	Holzaustrag Drossel [%]	Holzrückhalt BT [%]	Residualer Abfluss Drossel [m³/s]
1	42.6	0	42.6	einzeln	0.09	Nein	12	0	88	-
2	42.6	0	42.6	Haufen	0.09	Nein	9	0	91	-
3	42.6	5.0	37.6	einzeln	0.10	Nein	12	<1	88	3.5
4	42.6	5.0	37.6	Haufen	0.14	Nein	12	<1	88	3.2
5	63.9	0	63.9	einzeln	0.29	Ja	21	0	79	-
6	63.9	0	63.9	Haufen	0.29	Ja	20	0	80	-
7	63.9	17.4	46.5	einzeln	0.11	Nein	23	7	70	8.9
8	63.9	17.4	46.5	Haufen	0.09	Nein	22	4	74	8.9

Tabelle 1. Übersicht der im Modell getesteten Lastfälle (LF) und deren Auswirkungen, mit LBS als Lyssbachstollen und BT als Beruhigungsteich. Initialer Drosselabfluss vor Schwemmholzzugabe, residualer nach Zugabe von 150 m³ Festholz bei verklaustem Drosselwehr, ohne Drosselrechen.

Lastfall	*Ohne Drosselrechen*	*Mit Drosselrechen*
3	Holzaustrag Grobholzrechen: 12%	11%
	Holzaustrag Drosselwehr: <1%	<1%
Zufluss Lyssbach HQ_{100}	Verklausung Drosselwehr: Ja	Nein
Initialer Abfluss Drosselwehr: 5 m³/s	Residualer Abfluss Drossel: 3.5 m³/s	4.9 m³/s
7	Holzaustrag Grobholzrechen: 23%	23%
	Holzaustrag Drosselwehr: 7%	<1%
Zufluss Lyssbach EHQ	Verklausung Drosselwehr: Ja	Nein
Initialer Abfluss Drosselwehr: 17.4 m³/s	Residualer Abfluss Drossel: 8.9 m³/s	12.3 m³/s

Tabelle 2. Vergleich relevanter Parameter der Varianten mit und ohne Drosselrechen.

übergestellt. Es ist ersichtlich, dass der Schwemmholzaustrag beim Grobholzrechen praktisch unabhängig davon ist, ob ein Drosselrechen installiert ist oder nicht. Das Drosselwehr mit Rechen dagegen weist bessere hydraulische Eigenschaften auf. Generell liegt der Holzaustrag beim Grobholzrechen des Stollens nach wie vor knapp über 10% bei HQ_{100} und knapp über 20% bei EHQ. Es passiert fast ausschliesslich kurzes Astholz den Grobholzrechen und den Drosselrechen, während langes Stammholz in der Regel zurückgehalten wird.

Die maximalen Wasserspiegel im Beruhigungsteich werden durch den verlegten Drosselrechen kaum beeinflusst. Ausuferungen treten für die LF 5 und 6 nach wie vor ausschliesslich im unteren Bereich des Teichs auf, d.h. entlang der flachen Böschung zwischen dem Grobholzrechen und dem Drosselwehr. Bei grossem Schwemmholzaufkommen liegen die Wasserspiegel im Beruhigungsteich mit dem Drosselrechen sogar eher tiefer. Der Grund dafür liegt darin, wie *Bild 2a* zeigt, dass der residuale Drossel-Abfluss mit verklaustem Drosselrechen deutlich grösser ist als jener ohne Rechen, dafür mit verklaustem Drosselwehr. Gleichzeitig bleibt die Schützenunterlippe bei den getesteten LF während des Hochwassers eingetaucht, d.h. das Drosselwehr stellt auch mit Rechen den Regulierquerschnitt dar. Durch ein weiteres Öffnen des Drosselwehrs kann der Abfluss Richtung Lyss auch bei verklaustem Rechen erhöht werden.

Auf das Schwemmholzverhalten im Beruhigungsteich, die Wasserspiegel, das Ausufern sowie auf den Schwemmholzdurchgang beim Grobholzrechen vor dem Stollen wirkt sich der Drosselrechen generell nur geringfügig aus.

6. Fazit

Ein relevantes Schwemmholzaufkommen wurde im Lyssbach bisher nie beobachtet. Trotzdem wurde beim Stolleneinlauf ein Grobholzrechen vorgesehen und im Modell getestet. Dieser Grobholzrechen funktioniert nach dem Konzept des längs oder schräg angeströmten Rechens mit Rückhalteraum. Im Hochwasserfall vermag nur wenig und fast ausschliesslich kurzes Astholz zu passieren. Es gelangen knapp über 10% des Schwemmholzes bei HQ_{100} und knapp über 20% bei EHQ durch den Grobholzrechen in den Stollen. Im Modell kommt es weder in der Sammelrinne, noch in der Beschleunigungs- und Verzugstrecke oder im Stollen zu Verklausungen.

Der Wasserspiegel im Beruhigungsteich steigt aufgrund des verklausten Grobholzrechens auf knapp 0.30 m über den entsprechenden Wasserspiegel ohne Schwemmholzaufkommen. Zu Ausuferungen kommt es im Modell nur für den Betriebszustand mit einem Zufluss aus dem Lyssbach von EHQ=63.9 m³/s und bei geschlossenem Drosselwehr. Die Ausuferungen sind auf den Bereich zwischen dem Grobholzrechen und dem Drosselwehr beschränkt. Diese Ausuferungen werden in Kauf genommen, da sie ausschliesslich bei einer extrem unwahrscheinlichen Abflusskombination mit unerwartetem Schwemmholzaufkommen auftreten: Einem Extremhochwasser EHQ im Lyssbach und gleichzeitig in den Nebenzuflüssen in Lyss, so dass das Drosselwehr geschlossen wird. Ohne Schwemmholzaufkommen treten für alle LF aus *Tabelle 1* entsprechend den Beobachtungen im Modell keine Ausuferungen auf.

Das Drosselwehr verklaust immer, wenn es bei Hochwasser mit Schwemmholzaufkommen geöffnet ist. Es resultieren eine Abflussreduktion und operationelle Einschränkungen. Um die Regulierbarkeit und Abflusskapazität des Drosselwehrs sicherzustellen, wurde zusätzlich ein Drosselrechen im Hauptgerinne entworfen und erfolgreich im Modell eingesetzt. Dieser Drosselrechen weist jedoch einen entscheidenden Nachteil auf: Er steht im Hauptgerinne des Lyssbachs und wird somit permanent beaufschlagt, also auch bei Niederwasser. Es ist demzufolge damit zu rechnen, dass er meist belegt ist und einen aufwändigen Unterhalt erfordert. Die angestrebte Hochwassersicherheit von Lyss ist auch ohne Drosselrechen sichergestellt: Im Hochwasserfall soll zum Einen das Bachbett in Lyss mit einem vertretbaren Abfluss beschickt werden. Eine Verklausung des Drosselwehrs ohne Rechen hat bis zu einem bestimmten Grad die gleiche Wirkung wie eine Drosselsenkung: der Drosselabfluss wird verringert. Zum Andern ist der Entlastungsstollen für ein EHQ ausgelegt, und daher nicht auf

einen gewissen Drosselabfluss angewiesen. Ein vollständig verlegtes Drosselwehr wirkt sich somit nicht auf die Funktionstüchtigkeit des Lyssbachstollens aus. Auf den Drosselrechen wird daher aus betrieblichen Gründen verzichtet. Abschliessend sei nochmals darauf hingewiesen, dass im Lyssbach bisher kein relevantes Schwemmholzaufkommen beobachtet wurde. Die hier vorgestellte Untersuchung deckt einen Aspekt der Lyssbachstollen-Funktionstüchtigkeit für ein unwahrscheinliches Ereignis ab.

Danksagung

Die VAW bedankt sich beim Tiefbauamt des Kantons Bern (Oberingenieurkreis III), insbesondere bei Herrn Jörg Bucher, für den Auftrag und die ausgezeichnete Zusammenarbeit. Der Autor verdankt zudem Herr Alexander Schmid für die Unterstützung bei den Modellversuchen.

Literatur

Lange, D., Bezzola, G.R. (2006). Schwemmholz: Probleme und Lösungsansätze. VAW-Mitteilungen 188, H.-E. Minor Hrsg. ETH Zürich

Möller, G., Weitbrecht, V., Nussle, D. (2009). Matteschwelle Bern – Erkenntnisse zur Hochwassersicherheit aus hydraulischen Modellversuchen. «Wasser Energie Luft» 101 Jahrgang, Ausgabe 2/2009, Seite 83–88.

Rimböck, A. (2003). Schwemmholzeigenschaften in Wildbächen. Bericht 94, Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Th. Strobl, Hrsg., TU München

Rühli, E., Pfister, M., Lais, A. (2010). Modelluntersuchungen zum Einlaufbauwerk und zur Kapazität des Hochwasser-Entlastungsstollens in Lyss. Wasser Energie Luft 102 (4), 281–288

Tamagni, S., Weitbrecht, V. (2010). Schwemmholzrückhalt mit parallel angeströmtem Rechen. Bericht 124 des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU: München, 483–492

VAW (2009). Schwemmholzrückhalt Ettisbühl/Malters – Hydraulische Modellversuche. VAW-Bericht 4264, ETH Zürich (unveröffentlicht)

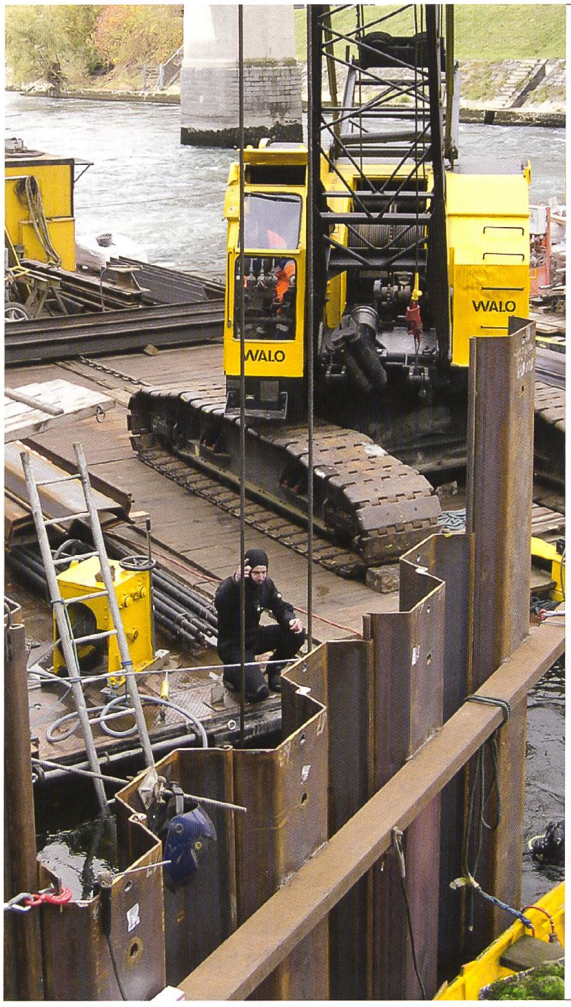
VAW (2010). Entlastungsstollen Lyssbach, Hydraulische Modellversuche. VAW-Bericht 4266, ETH Zürich (unveröffentlicht)

Weitbrecht, V., Rüther, N. (2009). Laboratory and numerical model study on sediment transfer process in an expanding river reach. 33rd IAHR Congress, Vancouver 10725: 5436–5443

Anschrift des Verfassers

Dr. *Michael Pfister,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH-Zürich, CH-8092 Zürich

Aktuelle Adresse: Laboratoire de constructions hydrauliques, EPFL Lausanne, CH-1015 Lausanne, michael.pfister@epfl.chbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW).



Zuhause im nassen Element: WALO-Wasserbau

Wasserbau ist eine komplizierte Teamarbeit. Deshalb setzen Sie für Arbeiten auf und unter Wasser mit Vorteil auf eine erfahrene Gruppe spezialisierter Profis wie das WALO-Wasserbau-Team. Eisiger Stausee? Turbinen vor Flusskraftwerken oder schlechte Sicht? WALO begleitet Ihr Projekt mit der richtigen Ausrüstung, vom Seilbagger über Pontons bis zum Schleppschiff. Gut zu wissen: Alle Prozesse sind nach ISO 9001 zertifiziert. Das bedeutet Qualität zugunsten von Kunden, Mitarbeitern, Partnern und späteren Benutzern.

Walo Bertschinger AG
Leimgrubenweg 6
CH-4023 Basel
Telefon +41 61 335 92 92
Telefax +41 61 335 92 90
wasserbau@walo.ch
www.walo.ch

WALO
Walo Bertschinger