

# Schwemmholzurückhalt Ettisbühl/Malters

Autor(en): **Tamagni, Simona / Weitbrecht, Volker / Müller, Urs**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 4

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941667>

## **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.

# Schwemmholtzrückhalt Ettisbühl/Malters

Simona Tamagni, Volker Weitbrecht, Urs Müller, Roni Hunziker, Hanspeter Wyss, Roger Kolb, Walter Baumann

## Zusammenfassung

Bei grossen Hochwasserereignissen kann die Kleine Emme grosse Mengen von Schwemmholtz aus dem Entlebuch mobilisieren, was auch im Jahr 2005 zu ernsthaften Verklauungsproblemen entlang der Kleinen Emme und der Reuss im Kanton Luzern und auch in den Unterliegerkantonen geführt hat. Im Rahmen des Gesamtprojekts «Hochwasserschutz Kleine Emme und Reuss» wurde deshalb in Ettisbühl (Gemeinde Malters) in Kombination mit dem Neubauprojekt des Kraftwerkes der Steiner Energie AG eine Schwemmholtzrückhalteanlage für einen gezielten Rückhalt und für die Entnahme eines Teils des Schwemmholtzes projektiert. Mit Hilfe eines physikalischen Modells wurde das Projekt auf die Wirksamkeit des Schwemmholtzrückhaltes und auf den Hochwasserschutz erfolgreich geprüft und optimiert. Die Versuche zeigten, dass durch eine Modifikation der Anströmungsrichtung des Holzrechens und der Form des Holzrückhalteraums sowie durch den zusätzlichen Einbau einer zweiten Rechenreihe im Entlastungskorridor die geforderten Ziele bezüglich Holzrückhalt und Hochwassersicherheit auch im Überlastfall erreicht werden können. Das Projekt befindet sich zurzeit in der Ausführungsphase; die Arbeiten sollten im Sommer 2011 fertig gestellt sein.

schränkte Abflusskapazität in den kritischen Abschnitten der Kleinen Emme bei Emmen führte zu einer Ausuferung des Wassers und zu grossen Holzablagerungen in den Quartieren von Reussbühl und Emmenbrücke (Bild 1 und Bild 2). In der Reuss führte das anfallende Schwemmholtz bei den Wehranlagen in Perlen, Bremgarten und Windisch zu gefährlichen Verklauungen, und es entstanden grosse Sachschäden. Aber nicht nur bei Grosseignissen wie im August 2005, sondern auch bei vergleichsweise kleinen Hochwasserabflüssen wie beim Gewitter vom 29. Juli 2008 im Einzugsgebiet des Rümli und der Entlen können grosse Schwemmholtzmengen mobilisiert werden (Bild 2).

Der Kanton Luzern hat als Reaktion auf das Hochwasserereignis 2005 ein umfassendes Hochwasserschutz- und Renaturierungsprojekt für die Kleine Emme und die Reuss in Auftrag gegeben.

Das Teilprojekt Kleine Emme, dessen öffentliche Planaufgabe im Juli 2010 durchgeführt wurde, umfasst den Flussabschnitt von der Fontanne oberhalb Wolhusen bis zur Mündung in die Reuss. Es beinhaltet Massnahmen zur Vergrösserung der Abflusskapazität im Siedlungsgebiet, eine Stabilisierung der beschädigten Ufer, eine ökologische Aufwertung sowie einen Umbau der Wehre. Im Weiteren wurde im Rahmen dieses Projektes auch beschlossen, gemeinsam mit dem Bund und den Kantonen Aargau, Zug und Zürich die

## 1. Einleitung

Die Hochwasserereignisse in den vergangenen Jahren haben immer wieder gezeigt, dass die Kleine Emme bei Hochwasser viel Schwemmholtz aus ihrem Einzugsgebiet mitführt. Das Schwemmholtz erhöht das Risiko von Verklauungen und Ausuferungen sowohl an der Kleinen Emme wie auch an der Reuss und verursacht Probleme bei Brücken und Wehranlagen in den Kantonen Luzern und Aargau. Anhaltende grossflächige und intensive Niederschläge führten dazu, dass in der Nacht vom 21. auf den 22. August 2005

an der Kleinen Emme ein Hochwasser wütete, welches alle seit Beginn der Messungen registrierten Abflussspitzen bei Weitem übertraf und Schäden an Bauten und Industrieanlagen in Höhe von über 200 Mio. CHF verursachte (Bezzola und Hegg, 2007).

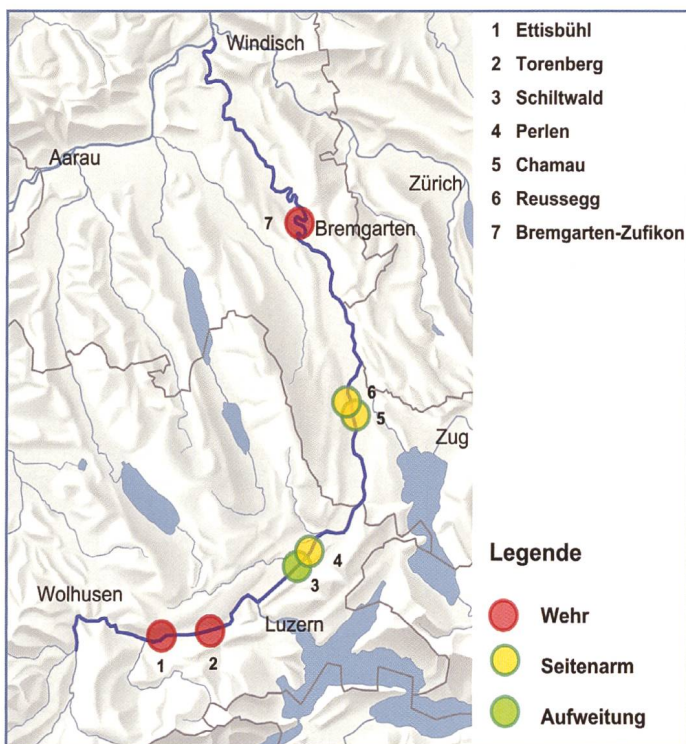
Bemerkenswert beim Hochwasser vom August 2005 war nicht nur der sehr grosse maximale Abfluss von ca. 700 m<sup>3</sup>/s (Messstation Littau zuzüglich Ausbruch nach Emmenbrücke), sondern auch, dass eine aussergewöhnlich hohe Schwemmholtzmenge in der Kleinen Emme transportiert wurde. Die be-



Bild 1. Beim Hochwasser im August 2005 abgelagertes Schwemmholtz in Reussbühl. Quelle: vif, Kanton Luzern.



Bild 2. Schwemmholtzteppich beim Seetalplatz Emmenbrücke im Juli 2008. Quelle: vif, Kanton Luzern.



**Bild 3. Übersicht über die Standorte mit den vorgeschlagenen Rückhaltmassnahmen. Quelle: Hunziker et al. (2009).**

Schwemmholzproblematik anzugehen und Möglichkeiten für einen gezielten Rückhalt und für die Entnahme des Schwemmholzes zwischen Malters (Kleine Emme) und Bremgarten (Reuss) zu erarbeiten (s. Abschnitt 2). Als erste Massnahme zur Schwemmholzbewirtschaftung wird zurzeit die Holzrückhalteanlage Ettisbühl in der Kleinen Emme realisiert (s. Abschnitt 5).

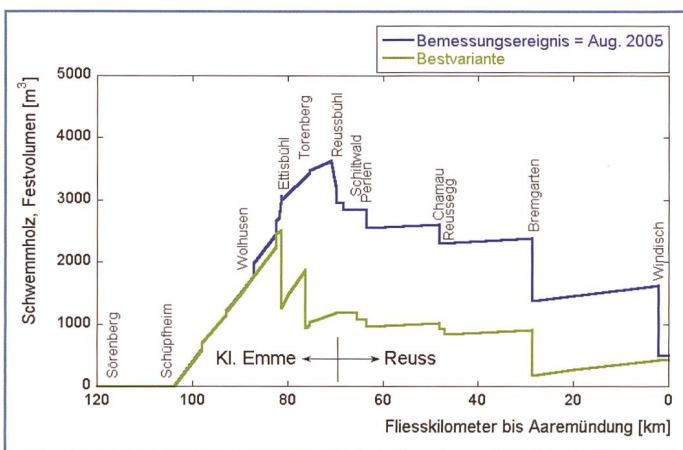
Das im März 2009 erstellte Bauprojekt für die Holzrückhalteanlage Ettisbühl sieht die Kombination einer Schwemmholzanlage, bestehend aus einem Ausleitungskorridor mit integriertem Rechen und Holzrückhalteraum, mit einem neuen Flusskraftwerk der Steiner Energie AG vor (s. Abschnitt 3). Zeitlich parallel zur Ausarbeitung des Bauprojekts wurden an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich hydraulische Modellversuche zur Holzrückhalteanlage Ettisbühl durchgeführt (s. Abschnitt 4 und VAW, 2009). Die aus den Modellversuchen gewonnenen Erkenntnisse und Optimierungsmöglichkeiten flossen in die laufende Planung ein.

## 2. Schwemmholzstudie

Das Hochwasser im Jahr 2005 war gekennzeichnet durch ein sehr grosses Schwemmholzaufkommen. Die Kleine Emme schwemmte ca. 3500 m<sup>3</sup> Holz (Festvolumen) in die kritischen Abschnitte bei Emmen und Littau, wo es infolge von Schwemmholzlagerungen zu grossen Schäden kam. In der Reuss waren vor allem die Wehre vom grossen Schwemmholzanfall betroffen. Um die

Schwemmholzproblematik an den beiden Flüssen in den Griff zu bekommen, wurde ein Schwemmholzrückhaltekonzept erarbeitet. Das Konzept sieht vor, mit unterschiedlichen Massnahmen (Bild 3) die Menge des Schwemmholzes sowohl in der Kleinen Emme als auch in der Reuss zu reduzieren. Das verbleibende Schwemmholz wird zurückgehalten und nach einem Ereignis entnommen. Parallel dazu soll im Einzugsgebiet die Schwemmholzzufuhr in die Kleine Emme mit forstlichen Massnahmen möglichst gering gehalten werden. In Hunziker et al. (2009) sind die Ergebnisse der Schwemmholzstudie im Detail erläutert.

Die Untersuchungen im Rahmen des Schwemmholzrückhaltekonzeptes zeigten, dass vor allem bei den Wehren günstige Bedingungen für einen Schwemmholzrückhalt vorherrschen. Es wird jeweils mit einem Rückhalteanteil von 50–80% des anfallenden Schwemmholzes gerechnet. Aufweitungen und Seitenarme können zwar auch einen Beitrag leisten, der Rückhalteanteil wird jedoch nur auf 10–20% geschätzt. Aus diesem Grund wurde im Schwemmholzrückhaltekonzept das Schwergewicht der Anstrengungen bei der Realisierung der Rückhaltmassnahmen bei den Wehren gelegt. Der Standort Ettisbühl ist damit ein wichtiger Teil des Gesamtkonzeptes. Mit den Massnahmen kann bei einem Ereignis analog zum Hochwasser 2005 das Schwemmholzaufkommen in den kritischen Abschnitten in Emmen als auch in Bremgarten und Windisch deutlich reduziert werden (Bild 4).



**Bild 4. Schwemmholzaufkommen beim Hochwasser 2005 und im Zustand nach der Realisierung der vorgeschlagenen Massnahmen zwischen Sörenberg und Windisch. Ein steigender Verlauf bedeutet eine Zunahme der Schwemmholzfracht, ein sinkender Verlauf bedeutet Ablagerungen von Schwemmholz an Brücken, Wehren oder am Ufer. Quelle: Hunziker et al. (2009).**

## 3. Projekt Ettisbühl/Malters

Die Wasserkraftnutzung hat in Malters eine lange Tradition. Bereits im Jahr 1879 hat die Familie Steiner das Wasser der Kleinen Emme für ihre Mühlen verwendet. Ab 1913 wurde mit zwei Zentralen bei einer Höhendifferenz von 13.52 m und einer Ausbauwassermenge von 6 m<sup>3</sup>/s die Wasserkraft über viele Jahre genutzt. Auf Grund hoher Unterhaltskosten am Werkkanal sowie Immissionsproblemen in der Zentrale Feld wurde im Jahr 1998 der Kraftwerksbetrieb eingestellt und ein Teil der Anlagen zurückgebaut. Aus den Steiner Mühlen entstand die Steiner Energie AG mit einem eigenen Versorgungsgebiet in der Gemeinde Malters. Die Besitzer der Mühle verkauften 1996 das gesamte Aktienpaket der Steiner Energie AG an die Centralschweizerische Kraftwerke AG (CKW). Alle Dienstleistungen werden unverändert weitergeführt.

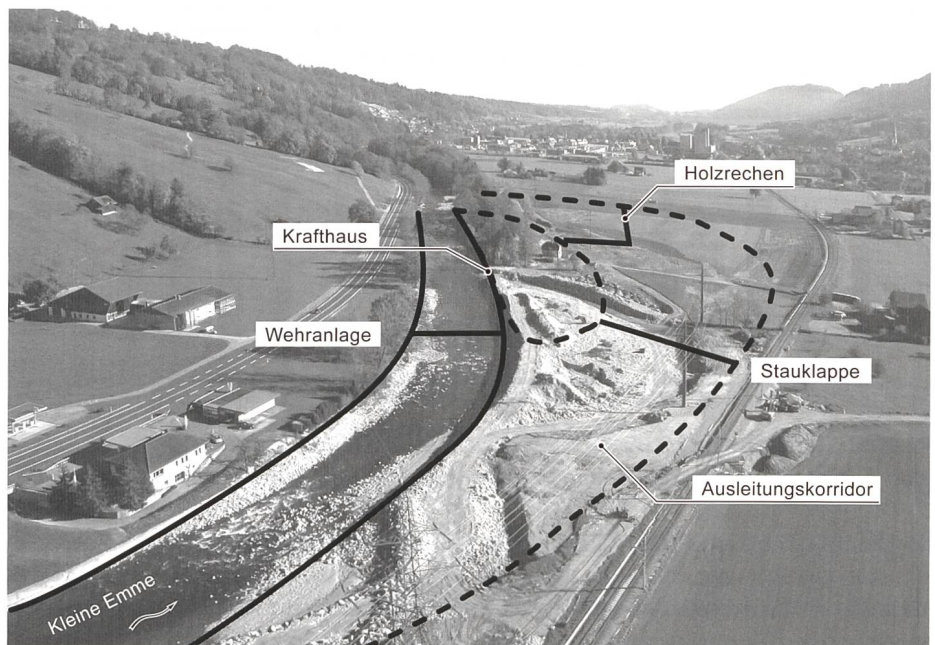
Ein Konzessionsprojekt in den 1990er-Jahren und eine Machbarkeitsstudie (CKW, 2005) zeigten das nach wie vor hohe Energiepotenzial eines Wehrkraftwerkes in Ettisbühl auf. Zusätzlich veränderte sich die Situation grundlegend durch das Hochwasser 2005. Es stellte sich heraus, dass der Standort Ettisbühl mit seinem Gefällssturz und seinen topografischen Gegebenheiten sowohl als Standort für ein Wehrkraftwerk als auch für eine Schwemmholzentnahme geeignet ist. Die Steiner Energie AG trieb zusammen mit der CKW das konzessionierte Projekt von 1995 erneut voran. Die IM Ingenieurbüro Maggia AG (IM) aus Locarno erhielt den Auftrag, ein entsprechendes Vorprojekt in Zusammenhang mit einem Konzessionsprojekt für das Kraftwerk zu erarbeiten. 2007 beschlossen der Kanton Luzern und die Steiner Energie AG, die beiden Projekte gemeinsam zu rea-

lisieren. Unter der Federführung der Steiner Energie AG in Zusammenarbeit mit dem Verkehrs- und Infrastruktur-Departement des Kantons Luzern wurde ein Vorprojekt erstellt. Auftrag: Schwemmholz und Kraftwerk im Gebiet Ettisbühl, Malters, Kt. Luzern.

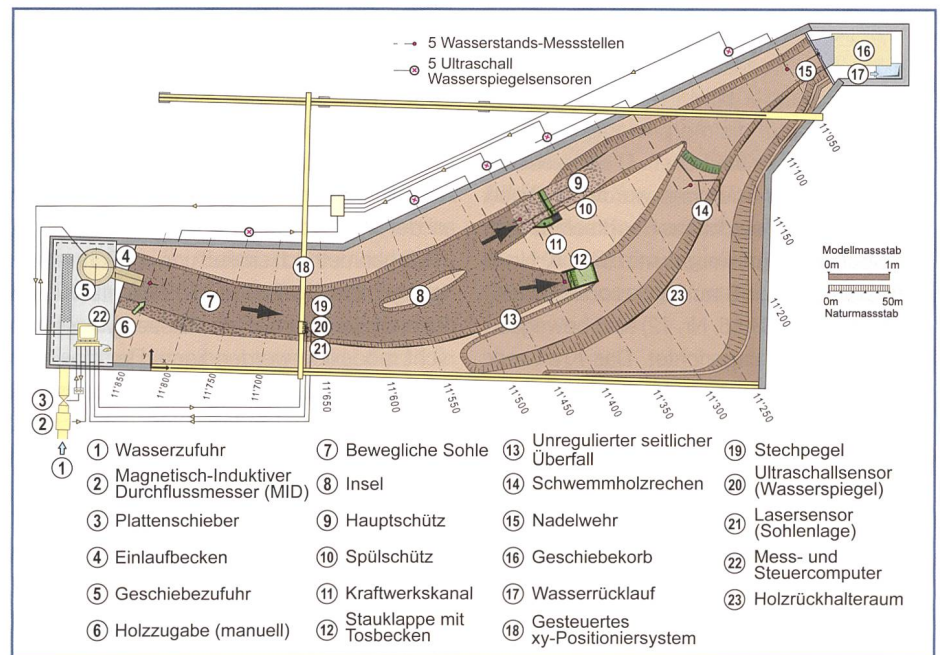
Mit den bereits vorhandenen Projektideen für einen Holzrückhalt in diesem Flussabschnitt entwickelte IM im Auftrag der Steiner Energie AG/CKW am Standort Ettisbühl ein Multifunktionsprojekt mit Wasserkraftwerknutzung und Holzrückhalt (Bild 5). Durch die Schaffung einer aus Hochwasserschutzgründen ohnehin notwendigen Seitenentlastung für das neue Flusskraftwerk Ettisbühl und der Ausrüstung des Seitenwehrs mit einer regulierten Stauklappe, kombiniert mit einem Holzrückhalteraum, ergab sich die Möglichkeit, mit einer gezielten Regulierung der Abflüsse eine wirksame Holzausleitung in den Rückhalteraum zu erzielen.

Die Bestvariante des Vorprojekts sieht eine kombinierte Lösung vor, bestehend aus Schwemmholzrückhalt und Nutzung der Wasserkraft. Mit Hilfe eines neu zu errichtenden Wehrs, bestehend aus einem Hauptschütz und einem Spülschütz (Bild 6, Nr. 9 und 10), soll bei einer Höhendifferenz von 6.30 m und einer Ausbauleistung von  $872 \text{ kW}$  realisiert werden. Als weiteres Regulierorgan dient eine Stauklappe (Bild 6, Nr. 12), die den Zufluss zum geplanten Holzrückhalteraum steuert (Bild 6, Nr. 23). Es ist vorgesehen, die Kleine Emme oberhalb der Wehrorgane und des Kraftwerks auf der rechten Seite (Kurvenaussenseite) aufzuweiten. Auf diese Weise entsteht ein Korridor, durch den im Hochwasserfall das anfallende Schwemmholz über das Ausleitbauwerk (Stauklappe und Tosbecken, Bild 6, Nr. 12) in den geplanten Holzrückhalteraum transportiert werden soll. Am unteren Ende des Holzrückhalteraus soll ein V-förmiges Schwemmholzrechen (Bild 6, Nr. 14) installiert werden, hinter dem das ausgeleitete Wasser über einen 2 m hohen Absturz wieder in das Hauptgerinne der Kleinen Emme geführt wird. Für eine Notentlastung ist zusätzlich ein unregulierter seitlicher Überfall vorgesehen (Bild 6, Nr. 13), der bei einem Versagen der Wehrorgane bzw. einer Fehlbedienung eine Entlastung ins Unterwasser gewährleistet.

Bei ansteigenden Abflüssen und einsetzendem Geschiebetransport in der Kleinen Emme (ab ca.  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kann das Spülschütz der Wehranlage geöffnet werden, um den Geschiebetransport ins Unterwasser zu gewährleisten. Bei grösseren Abflüssen wird auch das als Segmentschütz ausgebildete Hauptschütz angehoben, um eine Verlandung des Stauraums zu vermeiden. Bei Wassermengen über  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $HQ_{10}$ ), bei denen



**Bild 5. Überblick über das Projektgebiet. Eingezeichnet ist das geplante Konzept mit Krafthaus, Wehranlage, Ausleitungskorridor und frontal angeströmtem Holzrechen. Zu sehen ist die starke Seitenerosion im Bereich der Aussenkurve während des Hochwassers 2005. Quelle Foto: vif, Kanton Luzern.**



**Bild 6. Übersicht des physikalischen Modells an der VAW auf Grundlage der vom Ingenieurbüro Maggia AG ausgearbeiteten Pläne, Modellmassstab 1:50.**

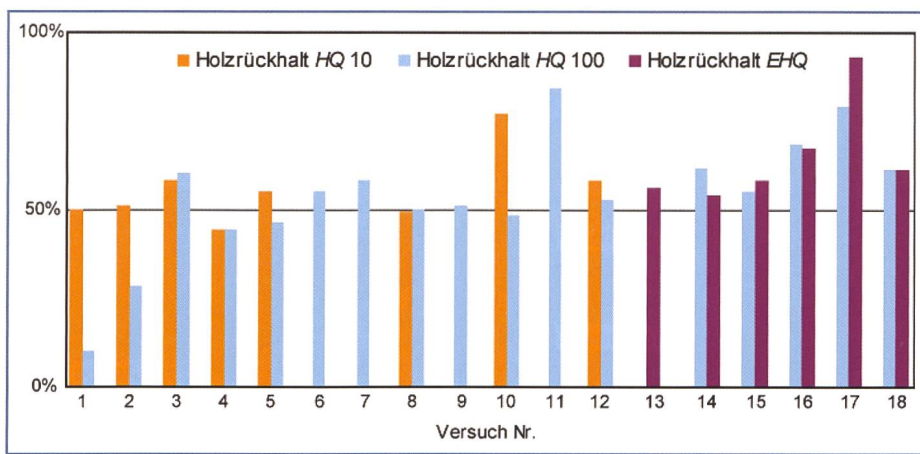
mit Schwemmholz gerechnet werden muss, wird die Stauklappe zum Holzrückhalteraum hin geöffnet, so dass anfallendes Schwemmholz im Bereich des Rechens zurückgehalten werden kann. Im Überlastfall mit Abflüssen über  $650 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $HQ_{100}$ ) und gleichzeitigem Versagen eines der Wehrorgane oder einer Fehlbedienung springt zusätzlich der unregulierte seitliche Überfall an. Bei absteigender Hochwasserwelle wird zuerst das Hauptschütz geschlossen, um eine Spülung des Kraftwerkskanals zu gewährleisten. Nach einem Hochwasserereignis muss der Holzrückhalteraum maschinell geräumt werden.

#### 4. Modellversuche an der VAW

Zur Überprüfung und Optimierung des Holzrückhaltekonzepts am geplanten Neubau des Kraftwerks Ettisbühl bei Malters beauftragte die Dienststelle Verkehr und Infrastruktur (vif) des Kantons Luzern die VAW mit der Durchführung von hydraulischen Modellversuchen.

##### 4.1 Physikalisches Modell

Die im Vorprojekt von IM Ingenieurbüro Maggia AG gewählte Bestvariante mit V-förmigem Holzrechen (s. Kap. 2) wurde im Massstab 1:50 modelliert. Die Modellgrenzen reichen



**Bild 7. Rückhaltebilanz der durchgeführten Versuche mit Schwemmholzzugabe.**

von km 11 025 bis km 11 850, d.h. vom Beginn der Linkskurve vor der Aufweitung bis nach dem Zusammenlauf des Holzrückhalte- raums und der Kleinen Emme (Bild 6). Mit dem gewählten Massstab von 1:50 ergeben sich somit Modellabmessungen von etwa 12.5 m Länge und 6 m Breite. Bild 6 zeigt schematisch das nachgebildete Gebiet und die wichtigsten Bestandteile für den Modellbetrieb.

Das Modell ist zwischen Einlaufbereich und den Wehrganen mit einer beweglichen Sohle ausgestattet (km 11 350 bis km 11 850, Bild 6, Nr. 7), um die morphologischen Veränderungen zu untersuchen. Die Flusssohle unterhalb der Wehrgänge wurde hingegen fest eingebaut. Sowohl das Hauptschütz und das Spülschütz im Hauptkanal (Bild 6, Nr. 9 und 10) als auch die Stauklappe vor dem Holzrückhalteraum (Bild 6, Nr. 12) sind beweglich und regulierbar eingerichtet. Das Kraftwerk wird nicht modelliert, da für die Modellversuche nur die Hochwasserereignisse (HQ<sub>10</sub>, HQ<sub>100</sub> und EHQ) massgebend sind und dabei der Kraftwerksbetrieb eingestellt ist.

Die Wasser- und die Geschiebemenge werden PC-gesteuert über das Einlaufbecken bzw. mit einer Beschickungsmaschine dem Modell zugeführt. Das Schwemmholz wird am oberen Ende des Modells manuell und gleichmässig über die Querschnittsbreite verteilt zugegeben. Der Unterwasserstand wird mit Hilfe eines Nadelwehrs gemäss den von Hunziker, Zarn & Partner bestimmten Wasserständen geregelt. Der Versuchsstand ist mit einem Laserabstands- und einem Wasserstandssensor auf einem 2D-Positioniersystem ausgestattet. Zusätzlich sind an fünf festen Positionen Wasserstandssensoren zur kontinuierlichen Erfassung der Wasserspiegellagen installiert. Eine unter dem Hallendach montierte Kamera dient der fotografischen Dokumentation des Versuchs.

Die Modellabmessungen und die Strömungs- und Transportgrössen wurden nach dem Froud'schen Ähnlichkeitsgesetz für Strömungen mit freier Oberfläche bestimmt.

Die Skalierung der natürlichen Kornverteilung in die Kornverteilung des Modellsediments wurde nach Zarn (1992) durchgeführt. Dabei wird berücksichtigt, dass durch die geometrische Skalierung der Naturkorngrössen in Modellgrösse viele Kornfraktionen in Bereiche fallen, in denen die kritische dimensionslose Schubspannung zur Bestimmung des Bewegungsbeginns nach Shields von der Korn Reynoldszahl abhängt und nicht, wie im Fall des Natursediments, konstant ist.

Das anfallende Schwemmholz wird für die Simulation in drei Klassen eingeteilt. Die beiden grössten Klassen (Stamm- und Astholz) werden analog den Untersuchungen an der Matteschwelle in Bern (Möller et al., 2009) geometrisch skaliert und mit Schnittholz nachgebildet, während die kleinste Klasse (Feinholz) in einem Modell dieses Massstabs nicht modelliert werden kann. Damit wird in Kauf genommen, dass der Verlegungsgrad des Rechens im Modell etwas unterschätzt wird. Es wird auch davon ausgegangen, dass die Holzrückhalterate leicht unterschätzt wird, da das verwendete Schwemmholz gegenüber den in Natur herrschenden Verhältnissen glatter und weniger verastet ist.

Insgesamt wurden 18 Versuche mit Schwemmholzzugabe durchgeführt. Die Versuche 1–9 (Bild 7) dienten der Optimierung der Verhältnisse im Oberwasser vor allem hinsichtlich der Abflussverteilung zwischen Kleiner Emme und Ausleitungskorridor. Anhand des Versuchs 10 wurde prinzipiell die Funktion eines parallel angeströmten Rechens getestet. Mit den Versuchen 11–18 wurde die Anordnung der einzelnen Elemente im Unterwasser optimiert und der endgültige Entwurf hinsichtlich der Funktionalität während der Bemessungshochwasserereignisse getestet.

#### 4.2 Erkenntnisse und Optimierung

Die Versuche wurden für die Hochwasserereignisse HQ<sub>10</sub>, HQ<sub>100</sub> und EHQ unter statio-

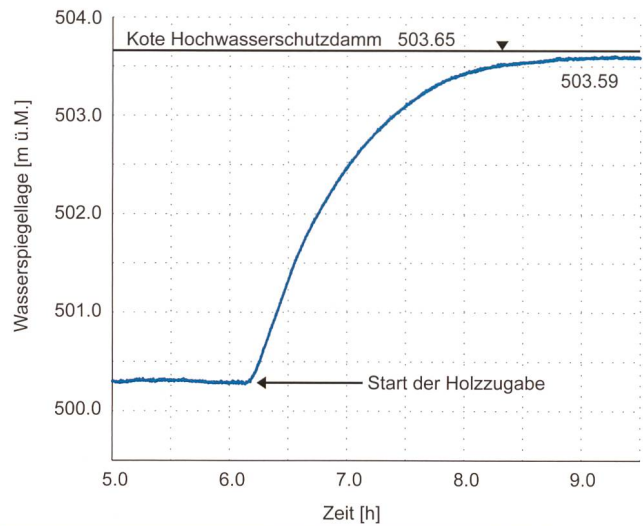
nären Bedingungen durchgeführt. Bei den Optimierungsversuchen mit V-förmigem Holzrechen (Versuche Nr. 1 bis 9) konnten für ein HQ<sub>10</sub> im Allgemeinen mindestens 50% des anfallenden Schwemmholzes zurückgehalten werden (Bild 7).

Somit waren die Anforderungen bezüglich des Holzrückhaltes bereits erfüllt. Als problematisch zeigte sich bei dieser Anordnung der starke Rückstauwirkung am Holzrechen, verursacht durch die sehr hohen Fließgeschwindigkeiten im Bereich zwischen dem Tosbecken und dem frontal angeströmten Rechen. Dies führte zu einem starken Auftürmen von 2–3 Holzlagen über die Oberkante der Rechenstäbe und damit auch zu einem starken Rückstau (Bild 8). Im Falle eines HQ<sub>100</sub> führt dies zu einem Überströmen des Hochwasserschutzdamms (Bild 10, Nr. 4). Somit besteht in diesem Fall kein Freibord bzw. keine nutzbare Reserve für den Überlastfall.

Analog zu Beobachtungen im Rahmen von Modellversuchen zur Matteschwelle in Bern (Möller et al., 2009, und VAW, 2008), die aus Sicht des Holzrückhaltes einen sehr gut funktionierenden Schwemmholzrechen darstellt, wurde für das Projekt Ettisbühl eine neue Konfiguration mit parallel angeströmtem Rechen entworfen (Bild 9 und Bild 10). Die parallele Anströmung, kombiniert mit einem grösseren Tosbecken und kleinerer Sohlenneigung zur Verringerung der Fließgeschwindigkeiten in Richtung des Holzrechens, sollte zu einer Verringerung des Rückstaus führen. Zusätzlich bildet sich bei dieser Anordnung im Holzrückhaltebereich eine «Rezirkulationszone» aus (Bild 9 und Bild 10), in der treibendes Holz zurückgehalten wird, ohne direkt vor dem Rechen zu verklausen. Auch beim Anspringen des nun linksseitig angeordneten Überlastkorridors (Bild 9), bleibt sämtliches Holz in diesem Bereich und kann nicht wie im ursprünglichen Entwurf über den Überlastkorridor ins Unterwasser ausgetragen werden.

Mit dieser Konfiguration konnten bei jedem durchgeführten Versuch selbst bei HQ<sub>100</sub> und EHQ mindestens 50% des anfallenden Schwemmholzes zurückgehalten werden (Bild 7, Versuch Nr. 10 bis 15), wobei die Kote des Hochwasserschutzdamms nie erreicht wurde. Die erforderlichen Freiborde für den HQ<sub>100</sub>- und den EHQ-Fall konnten eingehalten werden.

Um den Holzrückhalt zusätzlich zu erhöhen, wurde in einer weiteren Phase (ab Versuch Nr. 16) eine zweite Rechenreihe unterhalb des bestehenden parallel angeströmten Rechens angeordnet (Bild 10). Dieser zweite Rechen verläuft von einem in Natur vorhandenen Strommast (Bild 10) «geschützt» durch ein schlankes Betonfundament mit maximalem



**Bild 8.** Auftürmen des Schwemmholzes am V-förmigen Holzrechen während eines HQ<sub>100</sub>-Ereignisses. Links: Während des Versuchs Nr. 5 (Blick gegen die Strömungsrichtung); rechts: Messung der Wasserspiegellage vor dem Holzrechen während des Versuchs Nr. 9.

Durchmesser von 4 m bis zur Kraftwerksinsel. Auf der rechten Seite zwischen Fundament des CKW-Strommastes und Hochwasserschutzdamm ist ein Entlastungskorridor vorgesehen, der eine ausreichende Kapazität für den Überlastfall aufweisen muss, um die Gefahr eines Rückstaus und ein Abschwemmen des Holzteppichs über die Rechenstäbe von Rechen 1 auszuschliessen.

Mit dem zweiten Rechen erreicht man eine Erhöhung der Holzrückhalterate um ca. 10% (Bild 7, Versuche Nr. 16 bis 18), so dass insgesamt ca. zwei Drittel des anfallenden Holzes zurückgehalten werden können. Mit der gegebenen Konfiguration im Oberwasserbereich ist es kaum möglich, den Holzrückhalt weiter zu verbessern, da ca. ein Drittel des anfallenden Holzes direkt im Hauptkanal der Kleinen Emme transportiert wird und somit nicht in den Bereich der Holzrechen gelangt. Die Konfiguration des Rückhalteraus mit dem optimierten Tosbecken und den beiden Rechenreihen stellt somit eine optimale Lö-

sung dar, da es nahezu das gesamte in den Rückhaltebereich eingeleitete Schwemmholz zurückhält. Mit dem im Modell untersuchten «Final Design» wird die Kote des Hochwasserschutzdamms (Bild 10) auch bei einem EHQ nicht erreicht, es bleibt ein Freibord von ca. 50 cm.

### 5. Laufende Bauausführung

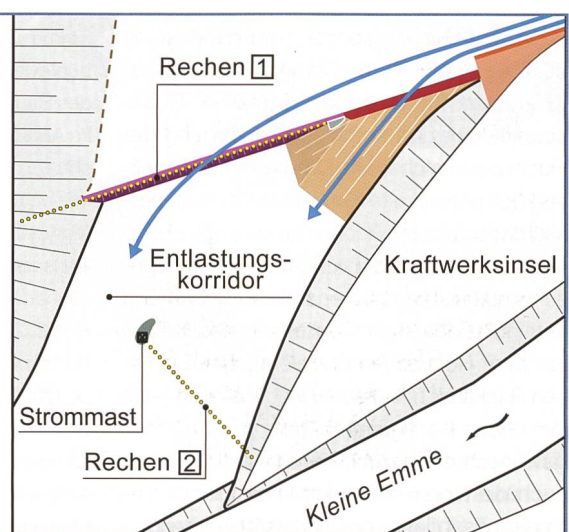
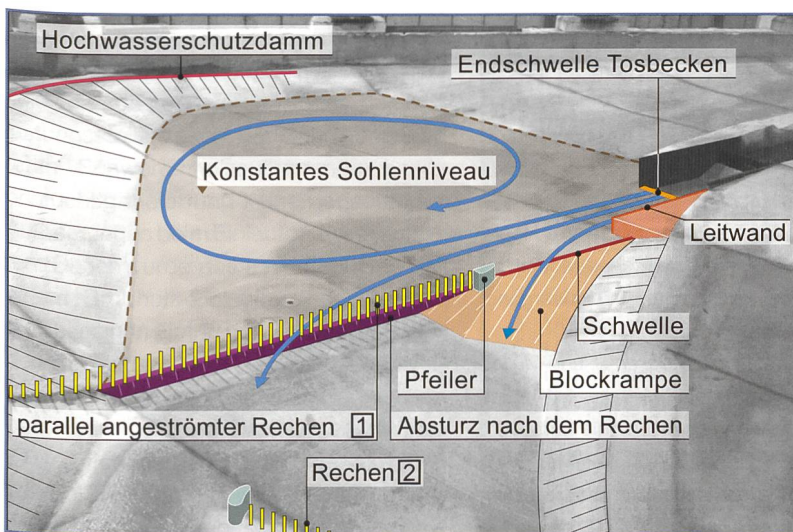
Mit Beschluss vom 7. Juli 2009 hat der Regierungsrat des Kantons Luzern das Projekt für den Bau einer Holzrückhalteanlage an der Kleinen Emme im Abschnitt Ettisbühl bewilligt. Seit Januar 2010 wird das Bauprojekt mit parallel angeströmtem Rechen und mit einer zweiten Rechenreihe umgesetzt (Bild 11). Die Arbeiten dauern noch bis in den Sommer 2011. Die Kosten der Holzrückhalteanlage belaufen sich auf rund 7.3 Millionen Franken. An diesen Kosten beteiligen sich neben dem Bund, dem Kanton Luzern und der Gemeinde Malters auch die Unterliegerkantone Aargau, Zug und Zürich.



**Bild 9.** Situation nach einem EHQ mit der gewählten Bestvariante: angedeutet sind die «Hauptströmungsrichtungen» und die Rezirkulationszone im Holzrückhaltebereich.

### 6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Hochwasserereignis August 2005 hat in der Schweiz etliche Hochwasserschutzmassnahmen ausgelöst, darunter auch ein Projekt zum Schwemmholzmanagement Kleine Emme/Reuss. Mit diesem Projekt wurde auf-



**Bild 10.** Links: Darstellung des optimierten Holzrückhalteraus mit parallel angeströmtem Rechen (Blick gegen die Strömungsrichtung). Rechts: Detail des optimierten Unterwasserbereichs mit einem zweiten Rechen.



**Bild 11. Baustelle der Holzrückhalteanlage im September 2010. Quelle: vif, Kanton Luzern.**

gezeigt, wie durch gezielte Schwemmholtzrückhaltmassnahmen die Hochwassersituation in diesem Bereich deutlich entschärft werden kann. Ein wesentliches Element ist dabei für den Standort Ettisbühl bei Malters an der Kleinen Emme vorgesehen. Zusammen mit dem Neubau eines kleinen Wasserkraftwerks soll hier eine Schwemmholtzrückhalteanlage entstehen, mit dem Ziel, mindestens 50% des anfallenden Schwemmholtzes zurückzuhalten.

Die Modellversuche an der VAW bestätigten das grundlegende Konzept, bei dem anfallendes Schwemmholtz über einen Ausleitungskorridor, kontrolliert mit einer zusätzlichen Wehrklappe, in einen in der Aussenkurve liegenden Holzrückhalteraum geleitet wird und dort durch einen Rechen zurückgehalten werden soll. Während der Optimierungsphase konnte ein neues Konzept zum Schwemmholtzrückhalt entwickelt werden. Der ursprünglich vorgesehene, frontal angeströmte V-Rechen konnte zwar mindestens 50% des anfallenden Schwemmholtzes zurückhalten, führte jedoch zu starken Rückstauwirkungen und somit zur Gefährdung der Hochwassersicherheit. Das neue, im Modellversuch entwickelte Konzept sieht einen parallel angeströmten Rechen bei einer gleichzeitigen Minimierung der vorhandenen Fließgeschwindigkeiten vor. Die parallele Anströmung verhindert das starke Auftürmen des Holzes vor dem Holzrechen und somit einen grossen Rückstau bei gleicher Rückhalterate. Mit der neuen Konfiguration kann nicht nur der gewünschte Holzrückhalt erreicht, sondern auch die Hochwassersicherheit für alle Bemessungsabflüsse gewährleistet werden.

Um auch für andere Massnahmen an grösseren Flüssen einen möglichen

Schwemmholtzrückhalt besser planen zu können, wird derzeit der genaue Einfluss der Anströmungsverhältnisse eines Schwemmholtzrechens mit weiteren grundlegenden Modellversuchen untersucht. Dabei geht es vorwiegend um die Frage, wie der Rückstau im Bereich des verlegten Rechens minimiert und gleichzeitig der Holzrückhalt maximiert werden kann.

#### Literatur

- Bezzola, G.R., und Hegg, C. (2007). Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung, Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Umwelt-Wissen Nr. 0707.215 S.
- CKW (2005), Feasibility Study: Run of the River Hydro Electric Power Plant in Malters Switzerland, Nr. 039016779, Autor H.P. Wyss, August 2005.
- IM Ingenieurbüro Maggia AG Locarno (2009). Hochwasserschutz und Renaturierung Kleine Emme und Reuss, Holzrückhalteanlage Ettisbühl-Malters, Technischer Bericht und Pläne des Bauprojektes, Bericht Nr. 11.1959.32-RT01 im Auftrag der Dienststelle für Verkehr und Infrastruktur des Kantons Luzern (vif).
- Möller, G., Weitbrecht, V. und Nussle, D. (2009). Matteschwelle Bern – Erkenntnisse zur Hochwassersicherheit aus hydraulischen Modellversuchen, «Wasser Energie Luft» 101. Jahrgang, Heft 2, 2009, Seite 146–152.
- Hunziker, R., Kaspar, H., Stocker, S. und Müller, D. (2009). Schwemmholtz-Management Kleine Emme und Reuss, «Wasser Energie Luft» 101. Jahrgang, Heft 1, 2009, Seite 21–25.
- VAW (2008). Schwemmholtzproblematik an der Matteschwelle Bern, Bericht Nr. 4248, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, unveröffentlicht.

VAW (2009). Hochwasserschutz und Renaturierung Kleine Emme und Reuss – Schwemmholtzrückhalt Ettisbühl/Malters – Hydraulische Modellversuche, Bericht Nr. 4264, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, unveröffentlicht.

Zarn, B. (1992). Lokale Gerinneaufweitung, eine Massnahme zur Sohlenstabilisierung der Emme bei Utzenstorf, Mitteilung Nr. 118, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich.

#### Anschrift der Verfasser

Simona Tamagni, Dr. Volker Weitbrecht  
 Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich  
 Gloriastrasse 37–39, CH-8092 Zürich  
 tamagni@vaw.baug.ethz.ch  
 weitbrecht@vaw.baug.ethz.ch

#### Urs Müller

IM Ingegneria Maggia SA  
 Via Stefano Franscini 5, Casella Postale 46  
 CH-6601 Locarno 1, urs.mueller@im-maggia.ch

#### Dr. Roni Hunziker, Hunziker

Zarn & Partner AG  
 Schachenallee 29, CH-5000 Aarau  
 rhunziker@hzp.ch

#### Hanspeter Wyss

Centralschweizerische Kraftwerke AG  
 Postfach, CH-6002 Luzern  
 hanspeter.wyss@ckw.ch

#### Roger Kolb

Niederer + Pozzi AG  
 Zürcherstrasse 25  
 Postfach 365, CH-8730 Uznach  
 roger.kolb@nipo.ch

#### Walter Baumann

Verkehr und Infrastruktur (vif) des Kantons Luzern, Abt. Naturgefahren, Schutzbauten  
 Arsenalstrasse 43, CH-6010 Kriens  
 walter.baumann@lu.ch