

Auslaufbauwerk des Geschiebesammlers Fromatta

Autor(en): **Boillat, J.-L. / Teyssiere, P. / Greiges-Mayaud, M.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **101 (2009)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941911>

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.

for Shuangpai region. *Advances in Engineering Software* 37(3): 146–158.

Lienert, C., Kunz, M., Weingartner, R., Hurni, L. (2009). Methods for Real-Time Visualization and Exploration Improvements of Precipitation Radar and Temperature Data in Web-Cartography (submitted). Proceedings of the 24th International Cartography Conference, Santiago de Chile.

Lienert, C., Schnabel, O., Hutzler, E., Hurni, L. (2008). A real-time flow map of the Swiss 1:200'000 river network. Considerations on its preparation and its dynamic integration into a web-based prototype. Proceedings of the 6th ICA Workshop on Mountain Cartography, Lenk, Switzerland.

Lienert, C., Weingartner, R., Hurni, L. (2007). Real-Time Cartography in Operational Hydrology. Proceedings of the 23rd International Cartography Conference, Moscow.

Lienert, C., Weingartner, R., Hurni, L. (2009). Real-Time Visualization in Operational Hydrology through Web-based Cartography. *Cartography and Geographic Information Science* 36(1): 45–58.

Maidment, D., Venkatesh, M., Whiteaker, T., Blongewicz, M., Arctur, D. (2002). Time Se-

ries. In: Maidment, D. (Ed.). *Arc Hydro – GIS for Water Resources*. Redlands, CA: ESRI Press, 141–166.

Neumann, A., Winter, A. M. (2003). Webmapping with Scalable Vector Graphics (SVG): Delivering the promise of high quality and interactive web maps. In: Peterson, M. P. (Ed.). *Maps and the Internet*. Amsterdam: Elsevier, 197–220.

Schwanbeck, J., Viviroli, D., Weingartner, R. (2008). Modellbasierte Sensitivitätsanalysen für das Berner Oberland. In: Bezzola, G. R. and Hegg, C. (Eds.). *Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen*. Bern und Birmensdorf: Bundesamt für Umwelt BAFU und WSL Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, 48–58.

Todini, E. (1999). An operational decision support system for flood risk mapping, forecasting and management. *Urban Water* 1(2): 131–143.

Valpreda, E. (2004). GIS and Natural Hazards. In: Casale, R. and Margottini, C. (Eds.). *Natural disasters and sustainable development*. Berlin: Springer, 373–386.

Verbunt, M., Zappa, M., Gurtz, J., Kaufmann, P. (2006). Verification of a coupled hydrometeorological modelling approach for alpine tributaries

in the Rhine basin. *Journal of Hydrology* 324(1–4): 224–238.

Vrugt, J. A., Gupta, H. V., Nualláin, B.O., Bouaten, W. (2006). Real-Time Data Assimilation for Operational Ensemble Streamflow Forecasting. *Journal of Hydrometeorology* 7(3): 548–565.

Weingartner, R., Aschwanden, H. (1992). Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. In: BWG (Ed.). *Hydrologischer Atlas der Schweiz (Blatt 5.2)*. Bern: Bundesamt für Wasser und Geologie.

Anschrift der Verfasser

Christophe Lienert, Lorenz Hurni

Institut für Kartografie, ETH Zürich

Wolfgang-Pauli-Strasse 15, CH-8093 Zürich

lienert@karto.baug.ethz.ch

Rolf Weingartner, Gruppe für Hydrologie

Geographisches Institut, Universität Bern

Hallerstasse 12, CH-3012 Bern

Auslaufbauwerk des Geschiebesammlers Fromatta

(Kelchbach Naters, Wallis, Schweiz)

■ J.-L. Boillat, M. Geiges-Mayaud, Ph. Teyssseire

1. Einleitung

Der Kelchbach ist ein rund 120 km flussaufwärts des Genfersees gelegener Zufluss des Rotten. Die bedeutenden Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass die hydraulische Kapazität des Kelchbachs in seinem Unterlauf, im Bereich des Ortsdurchflusses von Naters, bei Hochwasser unzureichend ist (Bild 1). Die Ursache für das bedeutende Kapazitätsdefizit liegt neben hydraulischen Gründen auch bei einem starken Gefällsknick im Längenprofil. Die starke Abnahme des Gefälles unterhalb des Knickpunktes führt zu einer Verminderung der Geschiebetransportkapazität und somit zu Auflandungen. Die heutige Abflusskapazität des Kelchbachs ist be-

reits für ein hundertjähriges Ereignis ungenügend (LCH, 2004).

Um das Risiko von Überschwemmungen zu verringern, soll einerseits das Geschiebe in einem Sammler oberhalb von Naters zurückgehalten und andererseits die Abflusskapazität zwischen Geschiebesammler und Mündung in den Rotten vergrössert werden. Für die Erhöhung der Abflusskapazität standen zwei Massnahmenvarianten zur Diskussion. Die erste umfasste den Bau eines «Hochwasserentlastungsstollens», dessen Umleit- bzw. Einlaufbauwerk mit dem bereits gebauten Geschiebesammler bei Fromatta oberhalb des Dorfes kombiniert wurde (VAW, 1999, Weber et al 2000). Die zweite, «Gerinneausbau» genannt, benutzt ebenfalls diesen

Geschiebesammler am Dorfeingang, sieht aber eine Gerinneaufweitung und eine Anpassung des Längenprofils im Dorfbereich vor. Die Wahl fiel auf die Variante Gerinneausbau. Zwischenzeitlich ist das erste Los im Bau. Die Hauptaufgabe des Geschiebesammlers besteht darin, eine grösstmögliche Menge an Geschiebe zurückzuhalten, um die Gemeinde vor durch Auflandung verursachten Hochwassern zu schützen.

Unter Annahme der bei einem Extremhochwasser theoretisch erwarteten Wasser- und Geschiebemengen entstehen beim Abklingen des Hochwassers im Dorfbereich Ausuferungen, und zwar unabhängig von der gewählten Variante. Dies liegt daran, dass der Kelchbach bei abklingendem Hochwasser Geschiebe

aus den Ablagerungen im Geschieberückhaltebecken in der Fromatta erodiert und flussabwärts beim Gefällsknick an der Marktplatzbrücke abgelagert. Das Auslaufbauwerk des Rückhaltebeckens soll die Wasser- und Geschiebemengen am Austritt limitieren. Wie viel Geschiebe nun aber tatsächlich aus dem bereits bestehenden Becken in Richtung Naters transportiert wird, kann nur überschlagsmässig abgeschätzt werden. Darum wurde das konzipierte Auslaufbauwerk mittels Modellversuchen überprüft.

Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der geplanten Massnahmenvarianten sowie zu deren Optimierung sollten die genauen Geschiebemengen, die vom Geschiebesammler kommen, für verschiedene Szenarien bestimmt werden. In einer ersten Phase sollte das Auslaufbauwerk so optimiert werden, dass möglichst wenig der während des Hochwassers abgelagerten Sedimente remobilisiert werden. In einer zweiten Phase sollte die Variante «Gerinneausbau» bezüglich Wasser, Geschiebe und bei Bedarf auch Schwemmholz untersucht werden (LCH, 2005).

2. Hydraulisches Verhalten und Feststofftransport des Geschiebesammlers

Das hydraulische Modell des Geschiebesammlers wurde im Massstab 1:30 vorwiegend aus Mauerwerk (Geschiebesammler) und PVC (Geschiebesperre) erstellt. Dieser Massstab erlaubt eine realistische Simulation des Abflusses und Geschiebetriebs.

2.1 Methodik

Der gesamte Geschiebesammler wurde im Modell unter Berücksichtigung aller wichtigen Charakteristiken nachgebildet (Bild 2). Das Modell beginnt rund 30 m oberhalb der natürlichen Felsschwelle in der Fromatta. Flussabwärts endet das Modell mit dem Auslaufbauwerk. Das Einlaufbauwerk der Hochwasserentlastung wird nur als starres Objekt nachgebildet.

Das Auslaufbauwerk besteht, wie in Bild 3 dargestellt, aus zwei hintereinanderfolgenden Öffnungen. Die erste erstreckt sich über die gesamte Breite des Bauwerkes. Sie verfügt über einen auf einer Betonstruktur gelagerten Rechen, der das Schwemmholz zurückhalten soll. Die erste Öffnung limitiert den Sedimentaustritt, sodass die zweite nie verstopft. Die zweite Öffnung hat einen quadratischen Querschnitt mit 1.8 m Seitenlänge. Sie ist in einem Überlauf integriert, der nach dem Einlaufbauwerk in Funktion tritt, bevor der



Bild 1. Der Kelchbach in Naters während des Hochwassers im Oktober 2000.

Damm überflutet wird. Während der nicht stationären Versuche wurden die zugeführten Wasser- und Sedimentmengen (Ganglinien) sowie der Wasserspiegel bzw. die Sohlenlage an kritischen Punkten fortwährend gemessen. Vor und nach den Versuchen wurde das Modell topographisch vermessen, um die Ablagerungszonen und Geschiebevolumina zu erfassen. Das durch den Sperrenauslass ausgetragene Geschiebe wurde am Auslauf aufgefangen und kontinuierlich gewogen.

2.2 Hydraulik des Geschiebesammlers

Theoretische Berechnung

Bei Reinwasserabfluss (kein Geschiebeeintrag) fliesst das Wasser bei freiem Wasserspiegel im verengten Querschnitt der zweiten Öffnung durch die kritische Wassertiefe (Bild 3). Sobald diese Öffnung unter Druck gesetzt wird, gilt folgende Gleichung (Sinniger & Hager, 1989):

$$Q = C_d \cdot C_{lat} \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (1)$$

a : Höhe der Öffnung, b : Breite der Öffnung, h : Wassertiefe oberstrom, C_d : Abflussbeiwert, C_{lat} : lateraler Abflussbeiwert. Für ein vertikales Verschlussorgan kann der Abflussbeiwert für $\bar{A} < 0.6$ durch folgende Gleichungen ausgedrückt werden:

$$C_d = C_{do} \cdot \exp \left[-\frac{\bar{A}}{2} \left(1 - \frac{\delta^2}{6} \right) \right] \quad (2)$$

$$C_{do} = \zeta \cdot \left[\frac{4 + 5e^{-0.768}}{9} \right] = 0.688 \quad (3)$$

$\bar{A} = a/h$, $\delta = /2$ Neigungswinkel der Wand

des Verschlussorgans, $\zeta = 0.98$ für einen vertikalen Verschluss. Für die zweite Öffnung ist ein konstanter Abflussbeiwert $C_{lat} = 0.6$ angenommen worden.

Auf dieser Basis wurde eine theoretische Wasserspiegel-Abfluss-Beziehung berechnet, die dann mit den Messwerten verglichen wurde (Bild 4).

Modellversuche

Es konnte festgestellt werden, dass das Verschlussorgan für $0.6 < \bar{A} < 1$ starken Schwankungen unterworfen ist. Um den Durchfluss zu bestimmen, bei welchem der Abfluss durch das Auslaufbauwerk unter Druck erfolgt, wurde der Versuch mehrmals mit stufenweise zu- und abnehmendem Durchfluss wiederholt.

Die durchgeführten Messungen (Bild 4) zeigen, dass der Abfluss, bei welchem am Auslaufbauwerk Druckabflussverhältnisse erreicht werden, zwischen $5 \text{ m}^3/\text{s}$ und $9 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt. Ein exakter Grenzwert kann nicht bestimmt werden.

Eine polynomische Ausgleichskurve wurde auf die Messpunkte eingepasst. Diese Kurve erlaubt es, mit einer einzigen Gleichung die Wasserhöhe in Funktion des Abflusses über den ganzen Betriebsbereich des Bauwerkes zu bestimmen. Je grösser die Abflüsse werden, desto mehr entfernt sich diese Kurve von den theoretischen Werten. Diese Abweichung ist auf die Hypothese zurückzuführen, wonach C_{lat} konstant bleibt.

2.3 Feststofftransportverhalten des Geschiebesammlers

Um die Ablagerungs- und Erosionsprozesse im Geschiebesammler zu untersuchen, wurden verschiedene Geschiebefüll- und -entleerungsszenarien durch-



Bild 2. Sicht flussabwärts auf Geschiebesammler mit Einlaufbauwerk der Hochwasserentlastung und Auslaufbauwerk. Links: Das ausgeführte Bauwerk. Rechts: Das hydraulische Modell im Massstab 1:30.

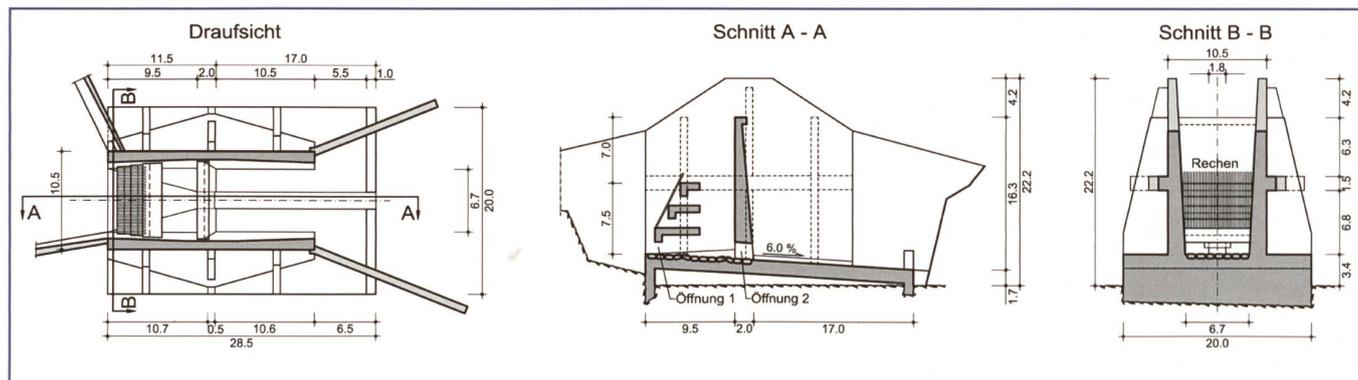


Bild 3. Das Auslaufbauwerk des Geschiebesammlers, Draufsicht und Schnitte.

gespielt. Dabei wurden Annahmen bezüglich des Ablagerungsvolumens, der Kornverteilung und des Ausgangszustandes des Sammlers sowie der Einfluss von Schwemmholz untersucht.

Konkret wurden folgende Versuche durchgeführt:

- Versuch 2: Mit konstantem Abfluss und Geschiebetransport zur Bestimmung der maximal austretenden Geschiebemenge, wenn gerade noch kein Einstau des Auslaufbauwerks stattfindet.
- Versuche 3 bis 5: Vollständige Hochwasserereignisse (hundertjährlich und extrem) mit Geschiebetransport.
- Versuche 6 und 7: Kleine vollständige Hochwasserereignisse (Jährlichkeit zwei Jahre) mit Geschiebetransport und verschiedenen Annahmen bezüglich der Kornverteilungen (Sieblinie mit/ohne 8% Grobkornfraktion).
- Versuch 8: Vollständige Hochwasserereignisse mit Geschiebetransport und Schwemmholz während abklingendem Hochwasser.

Das Hauptziel war, alle massgeblichen Bedingungen zu untersuchen, die zu hohen Sedimentmengen am Austritt des Geschiebesammlers führen können. Für jedes Szenario wurden die Wasser- und

Sedimentganglinien stufenweise nachgebildet und die Kornverteilung gemäss dem geometrischen Modellmassstab zusammengemischt. Der mittlere Korndurchmesser d_m ergab demnach 4.4 cm und d_{90} 8.8 cm. Die grössten Blöcke im Bereich der Fromatta, deren mittlerer Durchmesser 65 cm beträgt, wurden auch im Modell berücksichtigt. Die durch das Hochwasser eingebrachten Geschiebefrachten sind modellmassstäblich nachgebildet und mit der Geschiebetransportformel von Smart & Jäggi (1983) berechnet worden:

$$Q_s = 2.5 Q J_f^{0.6} \left[J_f - \frac{d_m}{12.1h} \right] \quad (4)$$

Q_s [m³/s]: Geschiebemenge, Q [m³/s]: Abfluss, d_m [m]: mittlerer Korndurchmesser, h [m]: Normalabflusstiefe, J_f [-]: Energieliniengefälle. Die Versuche zeigen, dass die Sedimente während des Druckausflusses an der Austrittsöffnung praktisch vollständig im Becken zurückgehalten werden. Während des abklingenden Hochwassers und der damit verbundenen Entleerung des Beckens wird ein Teil der Sedimentablagerungen remobilisiert. Diese Tatsache ist von grosser Bedeu-

tung für den flachen Unterlauf des Kelchbachs, wo die Ablagerungen bereits bei kleinen Abflüssen zu Ausuferungen führen können. Der kumulierte Austrag aus dem Sammler kann als Indikator für die Effizienz des Geschieberückhaltes verwendet werden (Tabelle 1 und Bild 5).

Aus den Versuchen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Der maximale Feststoffaustrag beträgt zu Beginn des Hochwassers bei freiem Abfluss durch das Auslassbauwerk etwa 0.10 m³/s. Unter Druckabflussbedingungen ist der Feststoffaustritt vernachlässigbar.
- Während des abklingenden Hochwassers kann der Geschiebeaustrag ab einem Abfluss von 16 m³/s grosse Bedeutung erlangen und 0.32 m³/s betragen. Dies allerdings höchstens während einer Stunde. Danach sinkt er schnell auf 0.10 m³/s und dann weiter auf 0.05 m³/s ab.
- Der maximale Feststoffaustrag während des Extremhochwassers beträgt 4000 m³, davon 3500 m³ während der abklingenden Hochwasserwelle. Für kleinere Hochwasser einer Jährlichkeit von etwa 2 Jahren kann die aus-

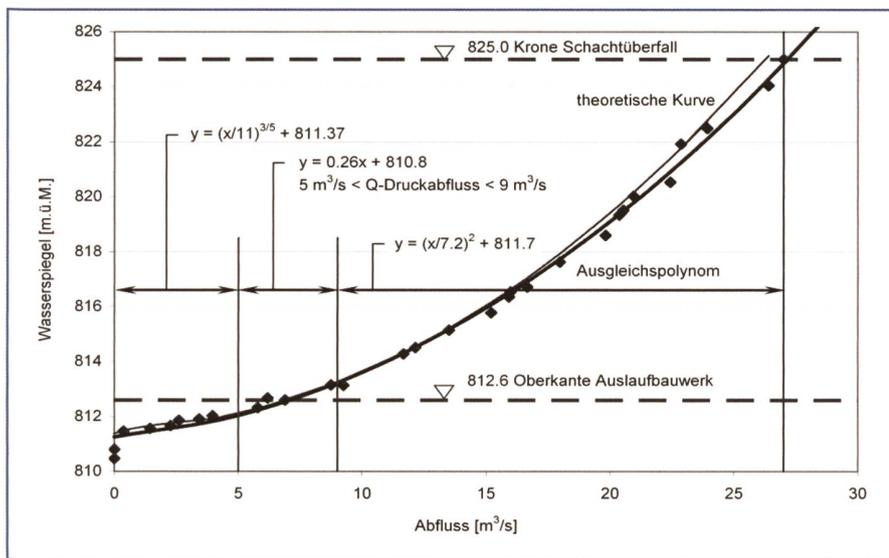


Bild 4. Wasserstand-Abfluss-Beziehung des Auslaufbauwerkes.

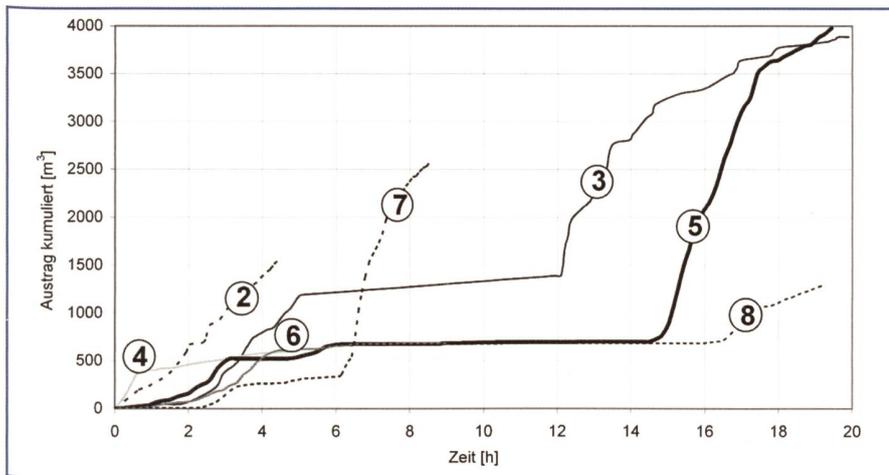


Bild 5. Kumulierter Sedimentaustrag aus den verschiedenen Versuchen mit Geschiebe (siehe Tabelle 1).

| Versuch Nr. | Dauer Stunden | Q_{smax} Austritt m^3/s | V_s Eintritt m^3 | V_s Austritt m^3 | Effizienz % |
|------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 2 | 4.4 | 0.11 | 2'470 | 1'539 | 38 |
| 3 | 20 | 0.18 | 20'000 | 3'900 | 81 |
| 5 | 19.5 | 0.32 | 35'000 | 4'000 | 89 |
| 6 | 9 | 0.09 | 8'500 | 683 | 92 |
| 7 ⁽¹⁾ | 9 | 0.32 | 8'500 | 2'573 | 70 |
| 8 ⁽²⁾ | 19.3 | 0.10 | 32'000 | 1'300 | 96 |

⁽¹⁾ Geschiebe mit hohem Feinanteil, ⁽²⁾ Geschiebe und Schwemmholz bei abklingendem Hochwasser

Tabelle 1. Effizienz $\left(\frac{V_s \text{ Austritt} - V_s \text{ Eintritt}}{V_s \text{ Eintritt}}\right)$ des Geschiebesammlers (Versuche mit Geschiebe).

getragene Geschiebefracht $2500 m^3$ erreichen.

- Der Wirkungsgrad des Geschiebesammlers liegt zwischen 70% und 96%, je nach Kornverteilung des Geschiebes. Für das Extremereignis ist der Wirkungsgrad zwischen 81% und 88%. Aufgrund einer verminderten Durchlasskapazität am ersten Rechen werden bei Hochwas-

ser mit Schwemmholzeintrag maximal $1300 m^3$ Geschiebe ausgetragen.

- Während der abklingenden Hochwasserwelle eines Extremereignisses beträgt das maximal ausgetragene Sedimentvolumen $3500 m^3$. Für alle anderen Ereignisse beläuft sich das Höchstvolumen auf $2500 m^3$.

Es ist zu beachten, dass bei keinem

der Versuche die erste Öffnung des Auslaufbauwerkes vollständig zugeschüttet und die zweite versperrt worden ist. Die kritischste Lage stellt sich am Ende des Hochwassers ein, wenn das Retentionsbecken entleert wird und der Freispiegelabfluss einen Teil der abgelagerten Sedimente remobilisiert. Bemerkenswert ist, dass sich die Effizienz der Geschiebesperre bei Schwemmholzeintrag erhöht. Das Auslaufbauwerk entspricht somit den Anforderungen.

3. Hydraulisches Verhalten und Feststofftransport im Unterlauf des Kelchbachs

Die Resultate der Modellversuche für das Abfluss- und Geschieberegime am Auslaufbauwerk des Sammlers wurden anschliessend als Anfangsbedingungen für den Kelchbach unterhalb der Geschiebesperre verwendet, um das Projekt des Gerinneausbaus für ein hundertjähriges und ein Extremereignis zu überprüfen. Diese Untersuchungen wurden auf einem Modell im Massstab 1:35 durchgeführt. Es umfasst die letzten 900 m des Gerinnes bis zur Mündung in den Rotten.

Der Versuch wurde mit dem Extremhochwasser im Kelchbach und einer angenommenen Geschiebefracht von $4000 m^3$ durchgeführt. Die für den Versuch verwendeten Wasser- und Sedimentganglinien sind in Bild 6 dargestellt.

Die Versuchsdauer im Modell entspricht einer Dauer von 14 Stunden in der Realität. Die während des Hochwasserereignisses zugegebene Geschiebemenge beträgt $4000 m^3$. Während der ersten 4:15 h wurden ca. $960 m^3$ Geschiebe zugeführt, die verbleibenden $3040 m^3$ während der abklingenden Hochwasserwelle. Während der Hochwasserspitze ist die Geschiebezufuhr unterbrochen worden, da der Sammler die gesamte Geschiebemenge zurückhält. Die Versuche zeigten, dass alle Sedimente, die während der Anstiegsphase des Hochwassers bis zum Einstau des Auslassbauwerkes zugegeben wurden (während 4:15 h), bis zum Erreichen der Hochwasserspitze von $105 m^3/s$ progressiv in die Rotten transportiert wurden.

Zum Zeitpunkt der Hochwasserspitze des Extremereignisses sind kleinere Ausuferungen zu beobachten, die auf die leicht unzureichende hydraulische Kapazität des modifizierten Kelchbachs zurückzuführen sind. Im Modell treten Ausuferungen zwischen 10 m und 259 m auf, flussaufwärts der Rottenmündung. Für das hundertjährige Hochwasser ist die

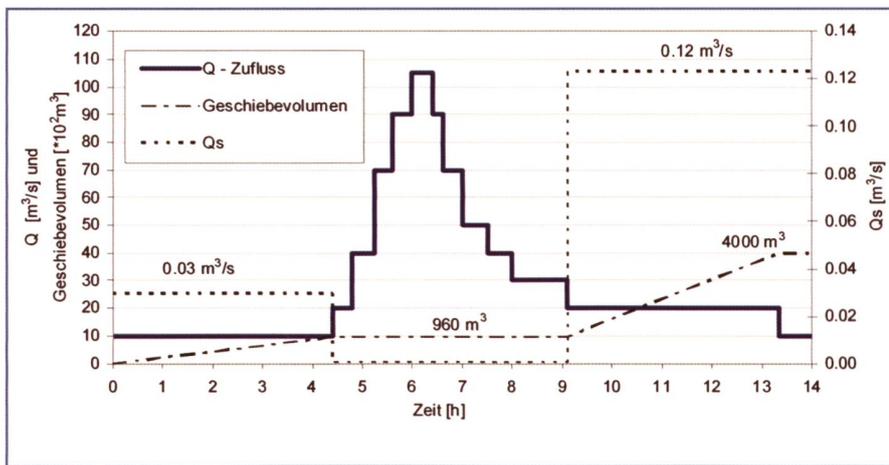


Bild 6. Zufluss- und Sedimentganglinien in den Kelchbach unterhalb des Geschiebesammlers für das Extremhochwasser.

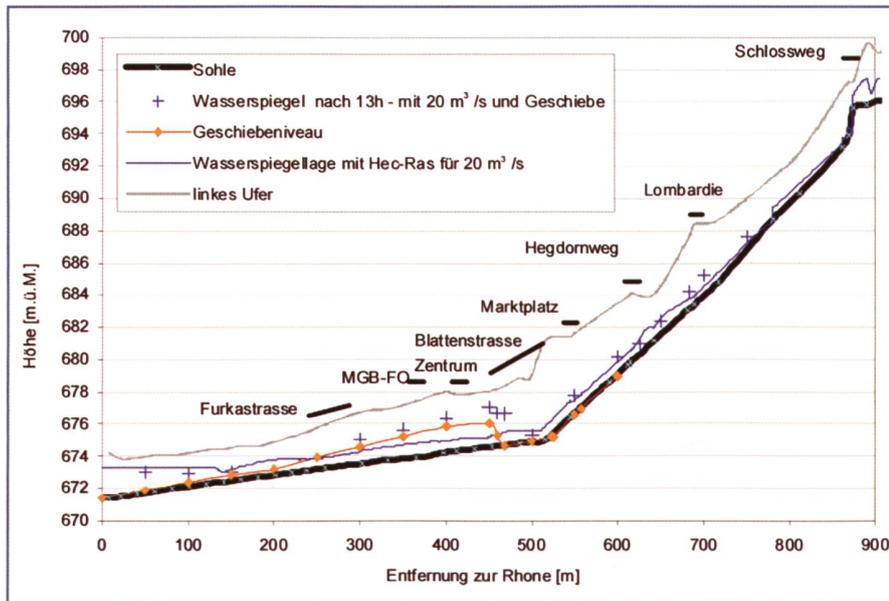


Bild 7. Wasserspiegel und Geschiebe im abklingenden Ast der Extremhochwasserwelle zur Zeit $t = 13$ h und $Q = 20$ m³/s; Vergleich mit Hec-Ras-Berechnungen ohne Geschiebe.

Kapazität des Kelchbachs ausreichend.

Die remobilisierten Sedimente des Geschiebesammlers lagern sich während der abklingenden Hochwasserwelle im Bereich des Gefällsknicks bei der Marktplatzbrücke ab. Der Maximalabfluss über diese Periode von ca. 20 m³/s kann aber ohne Ausuferungen abgeführt werden (Bild 7).

4. Zusammenfassung

Die hydraulische Kapazität des Kelchbachs in seinem Unterlauf ist aufgrund

der lokal ungenügenden Geschiebetransportkapazität infolge eines Gefällsknicks unzureichend. Um das Risiko von Überschwemmungen zu mindern, wurde ein Geschiebesammler oberhalb des Dorfes erstellt. Zusätzlich wird die Abflusskapazität zwischen Geschiebesammler und Rotten bis zu einem Extremhochwasser erhöht. Entscheidend für das Funktionieren des Konzeptes ist der Geschiebeausstrag aus dem Geschiebesammler. Mittels Modellversuchen konnte nachgewiesen

werden, dass mit den getroffenen Massnahmen ein Extremhochwasser ohne bedeutende Ausuferungen bis in den Rotten geleitet werden kann.

Literatur

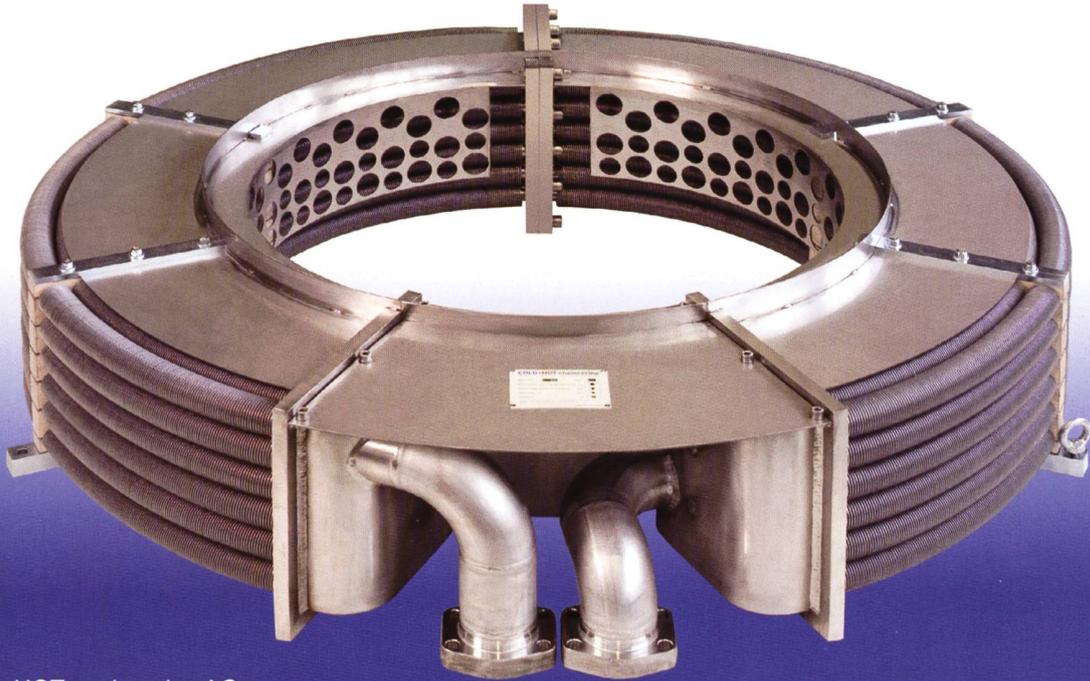
- LCH (2004): Etude sur modèle de la capacité d'écoulement du Kelchbach à Naters, Rapport LCH N°05/04, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.
- LCH (2005): Hydraulische Modellversuche der Geschiebesperre des Geschiebesammlers in Fromatta, Rapport LCH N°17/05, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.
- Sinniger, R.O., und Hager, W.H. (1988): Constructions hydrauliques. Ecoulements stationnaires. Traité de Génie Civil, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Vol. 15, Presses Polytechniques Romandes, Suisse.
- Smart, G.M., Jäggi, M. (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen, Mitteilung 64, VAW, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz.
- VAW (1999): Kelchbach Naters, Geschieberückhalt und Hochwasserentlastung, Bericht Nr. 4129, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz.
- Weber, M., Hunzinger, L., Teyssiere, Ph., Minor, H.E., (2000), Hochwasserumleitung mit Geschiebe- und Holzrückhalt in einem Wildbach, Interpraevent 2000, Villach, 357–368.

Anschrift der Verfasser

Jean-Louis Boillat
 Laboratoire de Constructions
 Hydrauliques LCH
 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
 EPFL, Station 18, CH-1015 Lausanne
 jean-louis.boillat@epfl.ch

Mathilde Geiges-Mayaud
 Ingenieurbüro mrs
 Müller, Roman & Schuppisser,
 Birmensdorferstrasse 55, CH-8004 Zürich
 mathilde.geiges@mrs-zh.ch, www.mrs-zh.ch

Philipp Teyssiere
 Ingenieurbüro Teyssiere & Candolfi AG
 Terbinerstrasse 18, CH-3930 Visp,
 ph.teyssiere@t-c.ch



COLD+HOT engineering AG
 Industrie Neuhaus
 Tunnelstrasse 8
 CH-8732 Neuhaus SG

Technik:
 Telefon: +41(0)55 251 41 31
 Telefax: +41(0)55 251 41 35
 info@cold-hot-engineering.ch
 www.cold-hot-engineering.ch

Produktion:
 Telefon +41(0)55 260 31 41
 Telefax: +41(0)55 260 31 43
 produktion@cold-hot-engineering.ch
 www.cold-hot.ch

Wir können mehr...testen Sie uns.



Im Dienste der Wasserkraftwerksbetreiber haben wir
 uns neu in 4 Bereiche organisiert.

| WASSERBAU | STAHLWASSERBAU | NEBENANLAGEN | ÜBERTRAGUNG |
|--|---|---|--|
|  |  |  |  |
| Fassungen Stauanlagen Stollen Kanäle Wasserschlosser · Injektionen · Spritzbeton · Betoninstandsetzung · Abrasionsschutz · Abdichtung mit System PP-DAM® · Felsicherung · Anker | Schützen/Klappen Abschlussorgane Leitungen Maschinen · Korrosionsschutz | Gebäude Kunstbauten · Injektionen · Betoninstandsetzung · Abdichtung · Instandsetzung PCB - haltiger Fugen und Beschichtungen · Bodenbeschichtungen | Freileitungen Schaltanlagen · Mastsockelsanierung · Ölauffangwannenbeschichtung |

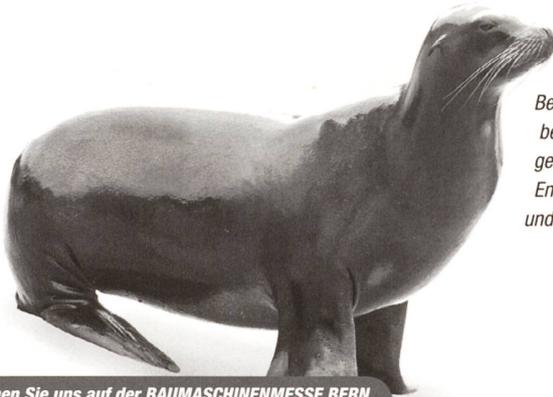


www.isopermaproof.ch

Ihr Kompetenzzentrum für Planung und Ausführung von Unterhalts-, Instandsetzungs- und Abdichtungsarbeiten.

Wasser ist sein Revier

Abwasser ist ihr Zuhause



Ob in Nass- oder Trockenaufstellung,
die **Flygt N-Pumpe** arbeitet nahezu
verstopfungsfrei mit einem
Wirkungsgrad von bis zu 80 %.
Das bedeutet höchste
Betriebssicherheit
bei deutlich geringeren
Kosten für
Energie, Wartung
und Instandhaltung.



Besuchen Sie uns auf der **BAUMASCHINENMESSE BERN**
vom 17. bis 22.03.2009 in Halle 120 am Stand A 001!



HEUSSER

Baumaschinen | Machines d'entreprise | Apparecchiature da cantiere
Pumpsysteme | Systèmes de pompes | Sistemi di pompaggio

Alte Steinhäuserstr. 23
6330 Cham
Tel. 041 747 22 00
www.heusser.ch

Rte du Grammont C56
1844 Villeneuve
Tél. 021 960 10 61

15. Deutsches Talsperrensymposium



Talsperren im Wandel

14.–16. April 2010 • Eurogress Aachen



Veranstalter: Deutsches TalsperrenKomitee e.V.

Informationen, Anmeldung, Abstracteinreichung: www.conventus.de/dtk2010

Abstract-Deadline: 30. Juni 2009