

# A specially developed side weir in the framework of an integral flood protection concept including a hydrological monitoring system

## Entwicklung eines Hochwasserentlastungsbauwerkes und Installation eines Monitoringsystems im Rahmen eines integralen Hochwasserschutzkonzeptes

Josef Schneider, DI Dr.<sup>1</sup>; Rudolf Schmidt, DI Dr.<sup>2</sup>; Matthias Redtenbacher, DI<sup>3</sup>; Franz Brenner, DI<sup>2</sup>

### ABSTRACT

This contribution describes the findings of studies of a planned overflow structure within the integral flood protection concept of municipality Thalgau, located in the province Salzburg, Austria. A part of the project will be the installation of a specific structure work in combination with a lateral weir in the river Brunnbach. The intention of this construction and the side weir is to guarantee that in case of a flood only a part of the discharge will be released downstream of the weir into the river. Physical model tests were performed in the laboratory of the Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management of Graz University of Technology to develop and optimize these structures. The tests, scaled 1:20 and performed regarding Froude's law of similarity, result in an intelligent combination of two culverts with an optimized side weir to fulfil the required flow situation. First results concerning planned design criteria as well as information regarding the monitoring concept complete this contribution.

### ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Beitrag beschreibt die Ergebnisse der Untersuchungen eines geplanten Entlastungsbauwerkes im Rahmen des integrierten Hochwasserschutzes der Gemeinde Thalgau im Bundesland Salzburg/Österreich. Dabei ist u.a. die Errichtung eines Streichwehres in Kombination mit einem Regulierbauwerk am Brunnbach vorgesehen. Der Zweck dieses Bauwerkes ist eine kontrollierte Abgabe von Wasser aus dem Brunnbach in ein seitlich gelegenes Retentionsbecken zu gewährleisten, damit nur eine klar definierte maximale Restwassermenge im Brunnbach unterwasserseitig des Wehres abfließen kann. Ein physikalischer Modellversuch des Bauwerkes am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz resultierte in einer optimierten Gestaltung dieses Bauwerkes. Mittels des Modelles, das im Maßstab 1:20 errichtet und nach dem Froude'schen Ähnlichkeitskriterium betrieben wurde, konnten die

1 Graz University of Technology, Graz, AUSTRIA, schneider@tugraz.at

2 Wildbach- und Lawinenverbauung

3 Graz University of Technology

geforderten Anforderungen an das Bauwerk erfolgreich getestet und somit ein erfolgsversprechender Ausführungsvorschlag erarbeitet werden. Erste Ergebnisse hinsichtlich geplanter Bemessungsgrundlagen, die in weiterer Folge entwickelt werden sollen, sowie Angaben hinsichtlich des vorgesehenen Monitoringkonzeptes runden diesen Beitrag ab.

## KEYWORDS

flood protection; physical model test; side weir; monitoring; design criterium

## EINFÜHRUNG

Die im Bundesland Salzburg gelegene Gemeinde Thalgau wird immer wieder von größeren Hochwässern heimgesucht. Im Sommer 2002 ereigneten sich drei Hochwasserereignisse an der Fuschler Ache sowie deren beiden Zubringern Fischbach und Brunnbach mit dem Ergebnis, dass große Flächen des gesamten Tales überflutet wurden.

Die potenziell überflutete Fläche beträgt ca. 320 ha. Etwa 5000 Einwohner leben in diesem hochwassergefährdeten Bereich. Dies entspricht rund 12% des gesamten ständig bewohnten Gebietes der Gemeinde Thalgau. Der historische Rückblick zeigt, dass dieses Gebiet schon immer gefährdet war und auch in ziemlich regelmäßigen Abständen überflutet wurde.

Vor allem die für dieses Gebiet typischen lang anhaltenden advektiven Niederschläge, die durch kurze konvektive Ereignisse zusätzlich überlagert werden, können kritische Situationen hinsichtlich Hochwassergefahr bewirken (Salzburger Landesregierung, 2006).

Aus diesem Grund wurde für die Gemeinde Thalgau seitens der Österreichischen Bundeswasserbauverwaltung (zuständig für den Fischbach) und der Wildbach- und Lawinenverbauung (zuständig für Fischbach und Brunnbach) ein integrales Hochwasserschutzkonzept gestartet. Dieser integrale Ansatz bedeutet, dass der Schutz gegen Naturgefahren durch den Einsatz aktiver und passiver Maßnahmen unter Einbeziehung aller Interessensbeteiligter erreicht wird. Der aktive Hochwasserschutz umfasst sowohl technische Maßnahmen im Gewässer als auch einzugsgebietsbezogene Schritte wie den gezielten Rückhalt von Wasser in der Fläche durch technische Eingriffe. Andererseits kommen weiters passive Schutzmaßnahmen zum Einsatz. Dazu zählen die Gefahrenzonenplanung, die Risikovermeidung durch das gezielte Bewusstmachen von Gefahren der Beteiligten, sowie eine geeignete und vorausschauende Raumplanung (Salzburger Landesregierung, 2006).

Durch die linearen Verbauungsmaßnahmen an den Bächen in der Vergangenheit in Verbindung mit einer starken Siedlungstätigkeit sind großräumige Überflutungsflächen als wesentliche Hochwasserabfluss- und Retentionsgebiete in Verlust geraten. Betreffend technischer, aktiver Hochwasserschutzmaßnahmen kommt deshalb im vorliegenden Hochwasserschutzkonzept der Errichtung von Rückhaltebecken große Bedeutung zu. Im Zuge dessen ist u.a. die Errichtung eines Streichwehres in Kombination mit einem Regulierbauwerk am Brunnbach vorgesehen. Der Zweck dieses Bauwerkes ist eine kontrollierte Abgabe von Wasser aus dem Brunnbach in ein seitlich gelegenes Retentionsbecken (Nebenschluss) zu gewährleisten, damit nur eine klar definierte maximale Restwassermenge im Brunnbach unterwasserseitig des Wehres abfließen kann. Somit ist dieser Bereich der Gemeinde Thalgau (dem Ortszent-

rum vorgelagertes Industrie- und Gewerbegebiet) vor Hochwasser geschützt. Das Regulierbauwerk stellte eine große Herausforderung dar, da ein herkömmliches Wehr vor allem hinsichtlich beschränkter räumlicher Rahmenbedingungen in der dort geschützten Landschaft keine Option darstellte. Des Weiteren soll das Regulierbauwerk keine beweglichen Teile aufweisen, was eine zusätzliche Erschwernis bedeutet.

Der Brunnbach weist bis zu seiner Mündung in den Fischbach (im Ortszentrum von Thalgau) eine Einzugsgebietsfläche von 18,9 km<sup>2</sup> auf. Die hundertjährige Hochwasserspitze bei einem 6- stündigen Bemessungsregen von 158 mm beträgt 52 m<sup>3</sup>/s. Diese soll auf eine Ausbauwassermenge von 32 m<sup>3</sup>/s reduziert werden. Dies stellt ein Minimalziel dar, ein Freibord konnte dabei aufgrund der vorherrschenden Verhältnisse im Ortszentrum von Thalgau, die keinerlei Aufweitungen zulassen, nicht mehr berücksichtigt werden. Die insgesamt 4 (3 neu errichtet im Hauptschluss und 1 bestehendes im Nebenschluss, welches mit gegenständlichem Streichwehr adaptiert wurde) Rückhaltebecken besitzen ein Retentionsvolumen von insgesamt 550.000 m<sup>3</sup> inklusive Fließretention bei Überschreiten der Stauziele.

Für die Entwicklung und Optimierung des Entlastungsbauwerkes (z.B. Länge und Form des Streichwehres, Art und Abmessungen des Regulierbauwerkes) am Brunnbach wurde ein physikalischer Modellversuch durchgeführt. Das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz wurde seitens der Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Pongau, Flachgau und Tennengau (WLV) damit beauftragt einen hydraulischen Modellversuch des Streichwehres Brunnbach durchzuführen.

## DAS MODELL

Es wurde ein physikalisches Modell eines Ausschnittes des Brunnbaches im Wasserbaulabor der Technischen Universität Graz errichtet (siehe Abbildung 1, Ausgangszustand). Die Umfassungsmauer des Modelles wurde klassisch mittels Ziegeln errichtet und die Bachsohle aus vermörteltem Grobkies, der naturähnlich skaliert wurde, eingebaut. Die relevanten Bauteile wie die Wehrkrone, das Regulierbauwerk und ähnliches wurden aus Kunststoff hergestellt. Das hydraulische Modell wurde nach dem Froude'schen Ähnlichkeitskriterium betrieben. Froude'sche Ähnlichkeit bedeutet, dass das Verhältnis der Trägheits- und Schwerkraftkräfte in der Natur und im Modell gleich ist. Das Modell für das Streichwehr wurde nach den vorgegebenen Profilen des Auftraggebers mit fester Flusssohle im Maßstab 1:20 ohne Überhöhung aufgebaut. Es entspricht einer Naturlänge von etwa 128 m. Im Labor hat das Modell eine Länge von etwa 6,4 m, eine max. Breite von 2 m und ist 0,8 m hoch (Zenz et al., 2014). Die Aufgabenstellung umfasst die Sicherstellung eines maximalen Abflusses im bachab vom Streichwehr gelegenen Abschnitt des Brunnbaches von 18 m<sup>3</sup>/s bei einer zufließenden Wassermenge von bis zu 60 m<sup>3</sup>/s. Der Zufluss beinhaltet eine gewisse Sicherheit und ist daher etwas größer als das HQ<sub>100</sub>. Die geforderte Ausbauwassermenge von 32 m<sup>3</sup>/s im Ortszentrum von Thalgau ergibt sich aus dem Abfluss des Streichwehres sowie weiteren Zuflüssen

unterwasserseitig des Bauwerkes über eine Strecke von etwa 2 km. Der seitliche Abwurf der überschüssigen Wassermenge von  $42 \text{ m}^3/\text{s}$  bei Maximalabfluss hat über das untersuchte Streichwehr in ein Rückhaltebecken zu erfolgen. Zusammenfassend kann man folgende limitierenden Faktoren für den Modellversuch anführen:

- Maximaler Zufluss in das Modell:  $60 \text{ m}^3/\text{s}$
- Beginnende seitliche Hochwasserentlastung bei einem Zufluss von  $16\text{-}18 \text{ m}^3/\text{s}$
- Maximale verbleibende Restwassermenge im Brunnbach:  $18 \text{ m}^3/\text{s}$
- Keine beweglichen Teile/Verschlüsse

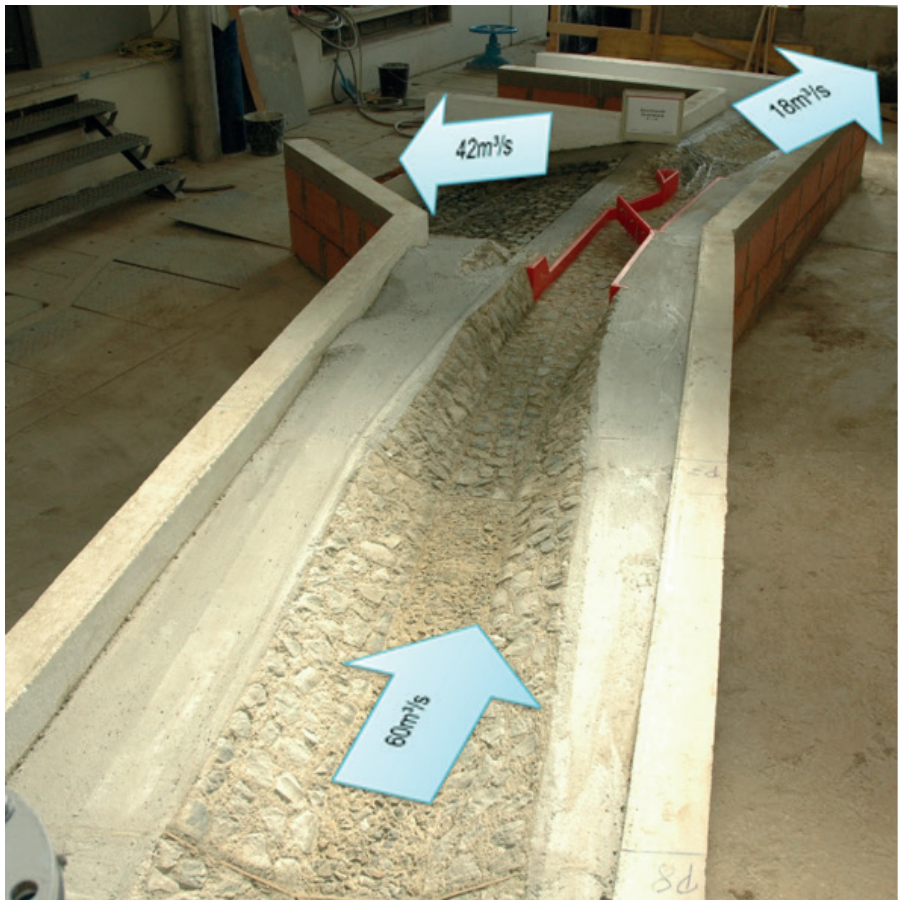


Abbildung 1: Physikalisches Modell im Maßstab 1:20, Ausgangszustand, trocken, schematische Darstellung der limitierenden Zu- und Abflüsse

Vor allem die Vorgabe, dass keine beweglichen Teile bei instationären Zuflussbedingungen Verwendung finden sollen, stellte eine gewisse Herausforderung dar. Eine Steuerung des

Abflusses mit Hilfe eines beweglichen Verschlusses wäre trivial gewesen. Ausgehend vom Ausgangszustand, der eine schräg angeströmte Tauchwand bei einem relativ kurzen Streichwehr abbildete (siehe auch Abbildung 1), wurde in weiterer Folge eine Vielzahl an Varianten getestet (Zenz et al., 2014).

## ERGEBNISSE

Schlussendlich wurde folgende Lösung gefunden. Ein Regulierbauwerk, bestehend aus zwei hintereinander, normal auf die Hauptfließrichtung angeordneten Durchlässen in Kombination mit einem 46 m langen Streichwehr erfüllt die Vorgaben. Der Abstand zwischen den beiden Durchlässen beträgt 5,1 m, die Öffnungsweite des oberwasserseitigen Durchlasses ist 3 m breit und 1,96 m hoch, des unterwasserseitig gelegenen Durchlasses 3,48 m breit und 1,26 m hoch. Die beiden hintereinander angeordneten Durchlässe bewirken, dass sowohl der erste wie auch der zweite Durchlass eingestaut werden. Der Zufluss zu den Durchlässen erfolgt strömend, innerhalb der Kammer tritt eine hochturbulente Abflusssituation ein und nach der zweiten Öffnung verlässt das Wasser den Bereich im schießenden Strömungszustand. Das bedeutet, dass durch den Aufstau in der „Kammer“ (Bereich zwischen den beiden Durchlässen), die Spiegeldifferenz oberwasserseitig des Durchlasses 1 zur „Kammer“ reduziert wird und daher eine Drosselung des ersten Durchlasses auftritt. Die Kombination dieser beiden Durchlässe mit der dazwischen angeordneten „Kammer“ ist von entscheidender Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Bauwerkes. In Abbildung 2 wird der maximale Abfluss im Modell fotografisch dargestellt.



Abbildung 2: Ausführungsvorschlag des Streichwehres und Regulierorganes bei maximalem Zufluss

Wie diese spezielle Kombination des Streichwehres mit dem Regulierbauwerk wirkt, ist näher in Abbildung 3 nachvollziehbar. Die horizontale blaue Linie symbolisiert die Höhe der Streichwehrkrone. Die grüne Linie kennzeichnet den Abfluss im Brunnbach, gemessen direkt unterhalb des Regulierbauwerkes. Die Zunahme des Wasserstandes im Bereich des Wehres (gemessen direkt oberwasserseitig des Regulierbauwerkes) ist durch die rote Linie dargestellt. Auf der Abszisse wird die in das Modell zufließende Wassermenge dargestellt. Bei zunehmendem Zufluss in das Modell wird die gesamte Wassermenge bis zu etwa 16 m<sup>3</sup>/s durch die

## Förderfähigkeit

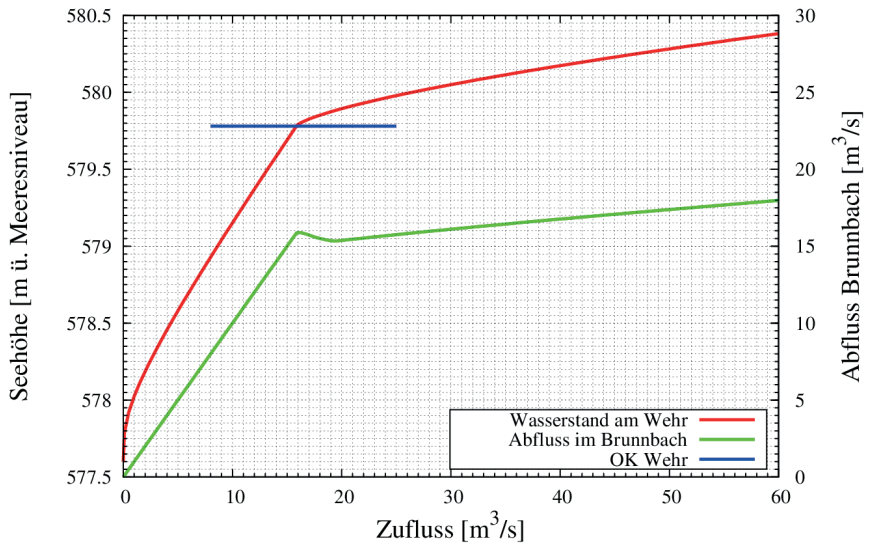


Abbildung 3: Ergebnisse des Ausführungsvorschlages

Öffnungen des Regulierbauwerkes ohne einen Rückstau durchgeleitet. Ab  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  beginnt der Einstau des Regulierorgans, das heisst, dass ab diesem Zeitpunkt Wasser über das Streichwehr entlastet wird. Damit steigt naturgemäß auch der Wasserstand im Bereich des Streichwehres nicht mehr so stark an (Abflachen des Gradienten beim Knick). Bei der weiteren Zunahme des Zuflusses konnte eine leichte Abnahme des Abflusses durch das Regulierbauwerk beobachtet werden, was durch die auftretenden Verluste in den Durchlässen erklärbar ist. Ab einem Zufluss von etwa  $19 \text{ m}^3/\text{s}$  steigt der Abfluss im unterwasserseitig gelegenen Bereich des Brunnbaches wieder. Bei der maximal zufließenden Wassermenge von  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  kann ein Ausfluss durch das Regulierorgan von  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  und somit eine Entlastung von  $42 \text{ m}^3/\text{s}$  erreicht werden. Der Wasserstand direkt oberwasserseitig des Regulierorganes liegt bei  $580,4 \text{ m}$  über Meeresniveau, es werden keine unerwünschten Ausuferungen in diesem Bereich beobachtet.

Als nächster Schritt werden aufbauend auf diese Versuche Bemessungsrichtlinien für ähnlich gelagerte Probleme erarbeitet. In diesem Beitrag sollen die ersten vorläufigen Untersuchungen vorgestellt werden, die Werte sind qualitativ zu verstehen. In nächster Zeit werden sowohl standardisierte Laborversuche als auch numerische Untersuchungen durchgeführt, um hier gesicherte Grundlagen zu schaffen.

Schritt 1 ist die Erstellung eines numerischen 1D Modells (HEC-RAS), um mögliche Variationen der Geometrie zu untersuchen. Das numerische Modell wurde analog zum physikali-



schen Modellversuch aufgesetzt und auf Basis der Messungen im Versuch kalibriert. In Abbildung 4 ist ein Längsschnitt mit den maßgebenden, kalibrierten Wasserständen dargestellt. Es sind der Oberwasserbereich mit dem Streichwehr und den beiden Durchlässen sowie der Unterwasserbereich dargestellt. Die beiden abgebildeten Wasserspiegellinien stellen sich bei den Zuflüssen „18 m<sup>3</sup>/s“ bzw. „60 m<sup>3</sup>/s“ ein. Die gelben Quadrate symbolisieren die Wasserstands-Punktmessungen im physikalischen Modell bei einem Zufluss von 60 m<sup>3</sup>/s. Auf diesen Abfluss wurde somit das numerische Modell kalibriert. Auf Basis dieses Modelles wurden unterschiedliche Variationen berechnet. So wurde einerseits die Länge des Wehres adaptiert, aber auch die jeweiligen Öffnungen in den Durchlässen verändert. Damit konnte das Verhalten des Abflusses durch die Änderung der hydraulischen Komponenten beurteilt werden.

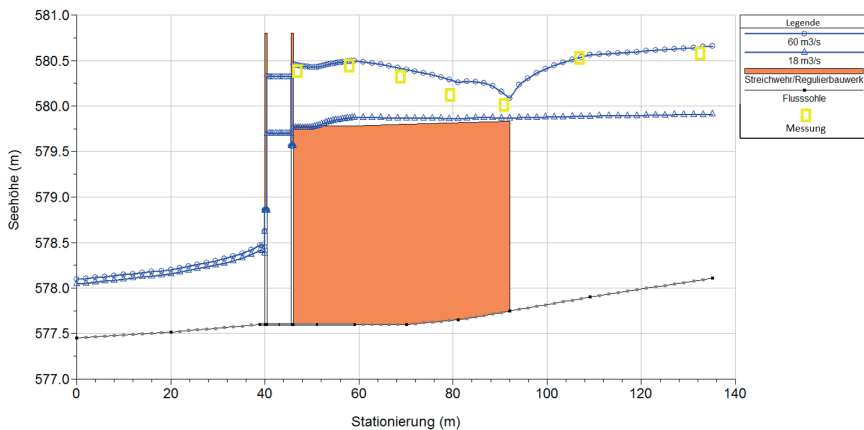


Abbildung 4: Längsschnitt durch das numerische 1D Modell, kalibrierte Wasserstände

In Abbildung 5 ist beispielhaft ein Ergebnis solch einer Berechnung dargestellt. Es wurden hierfür beide Durchlassöffnungen prozentuell verkleinert, alle anderen Randbedingungen jedoch gleich gelassen. Die 100% Öffnung entspricht somit dem Ausführungsvorschlag, wie er oben beschrieben wurde. Die grüne horizontale Linie symbolisiert den Zufluss zum Modell, der bei allen Varianten konstant bei 60 m<sup>3</sup>/s (100%) gehalten wurde. Eine Verkleinerung der Öffnung bewirkt einerseits eine Reduktion des Abflusses im Brunnbach unterwasserseitig des Regulierorganes (violette Linie), andererseits naturgemäß eine Erhöhung der seitlich abgeworfenen Wassermenge (blaue Linie) mit einer einhergehenden Erhöhung des Wasserstandes direkt oberhalb des Regulierorganes (rote Linie). Beide Abflüsse müssen in Summe dem Gesamtzufluss entsprechen.

## MONITORINGSYSTEM

Der Bau und die Instandhaltung von Rückhaltebecken sind aus dem modernen Hochwassermanagement nicht mehr wegzudenken und halten zunehmend auch Einzug bei kleineren

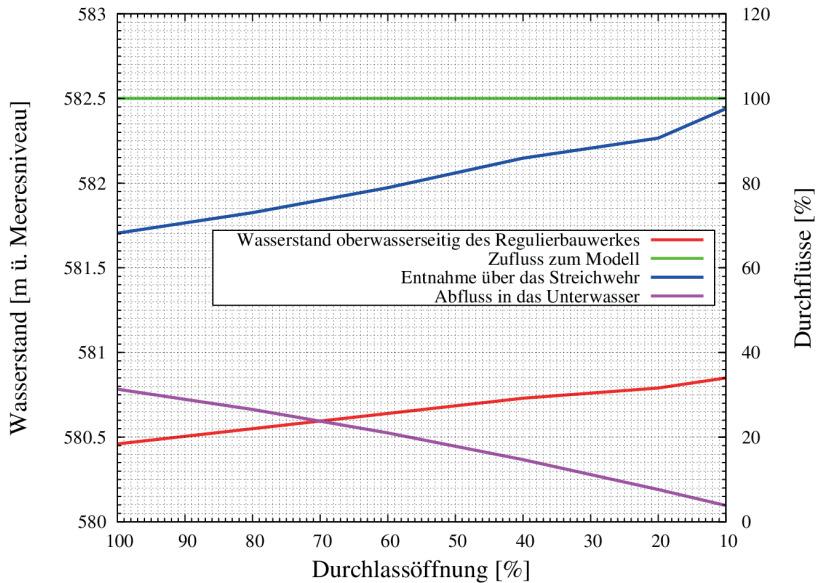


Abbildung 5: Änderung der Querschnittsfläche der Durchlässe, Auswirkung auf Abflüsse und Wasserstände

Einzugsgebieten. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Minimierung des Betriebsrisikos und die Reduzierung der Betriebskosten dar. Automatisierte Monitoringsysteme können dabei von großem Nutzen sein. Abbildung 6 zeigt die in diesem Projekt eingesetzte mobile Monitoringanlage MOSES (Mobiles Sicherheits-Einsatzsystem), bestehend aus einem Datenlogger, Energieversorgung (Solar- und Batterie) und Übertragungseinrichtungen (GSM Modem). Es werden mittels Radar Geschwindigkeit und Abfluss gemessen. Zusätzlich Optische Informationen mittels Kamera (Standbilder alle drei Stunden, ab Überschreiten eines Schwellenwertes alle 5 min) und Infrarotscheinwerfer.

Retentionsbauwerke stellen in Österreich Schlüsselbauwerke gemäß ONR Richtlinien 24800 (ONR, 2008a) und 24803 (ONR, 2008b) dar. Sie müssen in jährlichen Intervallen auf ihre Funktionstüchtigkeit kontrolliert werden. Hydrologische Messsysteme können die operationale Arbeit erleichtern und die Sicherheit der Anlage erhöhen. Mit seinen im Endausbau 7 großen Rückhaltebecken und einem Retentionsvolumen von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup> stellt das Projekt Thalgau diesbezüglich ein Pilotprojekt dar. Noch im Sommer 2015 werden die ersten drei Becken mit automatisierten Pegel- und Abflussmessungen ausgerüstet. Das Zusammenspiel der einzelnen Becken in Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen soll Aufschlüsse über Projekterfolg und Optimierungsbedarf sowie Erkenntnisse für zukünftige Projektierungen liefern.





Abbildung 6: Mobiles Sicherheits-Einsatzsystem MOSES zur Baustellenabsicherung am Brunnbach

### FAZIT UND AUSBLICK

Dieser Beitrag zeigt ein Beispiel physikalischer Modelluntersuchungen für eine technische Lösung einer Hochwasserschutzmaßnahme im Rahmen eines integralen Hochwasserschutzkonzeptes sowie dessen zeitgemäßes Monitoringsystem.

Die besondere Herausforderung in diesem Falle bestand, dass vorgegeben war, keine beweglichen Teile anzuwenden. Die Kombination eines Streichwehres mit einem Regulierbauwerk, das aus zwei normal auf die Hauptströmung angeordneten Durchlässen besteht, stellt eine äußerst zufriedenstellende Ausführungsform dar. Nur die besondere Anordnung dieser beiden Durchlässe, die sich gegenseitig beeinflussen, ermöglicht die Erfüllung der Vorgaben. Somit konnte für den Hochwasserschutz des unterliegenden Gebietes eine sehr gute Lösung gefunden werden. Hinsichtlich Schwemmholzeintrag in den Bereich des Bauwerkes kann durch bereits oberwasserseitig angeordnete Auswurfmöglichkeiten davon ausgegangen werden, dass keine Verklauungsgefahr besteht. Eine äußerst unwahrscheinliche Verklauung hätte aber auch keine schwerwiegenden Auswirkungen zur Folge, da dabei beim zu schützenden Bereich in der Gemeinde Thalgau mit noch geringerem Abfluss zu rechnen wäre und das Rückhaltebecken sehr groß und mit einer ausreichenden Entlastungsvorrichtung versehen ist. Ebenfalls ist mit überschaubaren Sedimentmengen in diesem Bereich zu rechnen, da oberwasserseitig ausreichende Rückhaltemaßnahmen vorgesehen sind.

Daraus resultierend sollen Bemessungsrichtlinien für ähnlich gelagerte Fälle entwickelt werden. Es wurden erste qualitative Ergebnisse erzielt. Dafür ist ein mit Hilfe der Modellversuche kalibriertes 1D numerisches Modell entwickelt worden, um Variationen der Geometrie beurteilen zu können. Sowohl die Verkürzung des Streichwehres als auch die Verringerung der Querschnittsöffnungen bedingen demensprechende Reaktionen des Abflussbildes. Hier sind weiterführende Grundlagenversuche an physikalischen Modellen notwendig, um vor allem darauf basierend numerische Modelle kalibrieren zu können, die der Entstehung von Bemessungsrichtlinien zugrunde liegen sollen.

### LITERATUR

- ONR (2008a). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen und Klassifizierung
- ONR (2008b). Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung
- Salzburger Landesregierung (2006). Integraler Hochwasserschutz Thalgau – ein innovatives Schutzkonzept für die Fluss- und Wildbacheinzugsgebiete in der Marktgemeinde Thalgau / Land Salzburg, Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung 6/6, Wasserwirtschaft, Bundeswasserbauverwaltung.
- Zenz G., Schneider J., Redtenbacher M., Lazar F. (2014). Hydraulischer Modellversuch – Streichwehr Brunnbach, nicht publizierter Schlussbericht.