

Optimierung von Schutzbauwerken zur Geschiebe- und Wildholzbewirtschaftung auf Basis von physikalischen Modellversuchen

Gerald Jäger und Markus Moser

Zusammenfassung

Die Sediment- und Geschiebebewirtschaftung in alpinen Einzugsgebieten in den Alpen liegt schon 500 Jahre zurück und konzentrierte sich auf den Unterlauf der Gebirgsbäche, durch die Errichtung von Mauern (sogenannte Archen), der Ableitung der Bäche aus dem Gefährdungsbereich oder der Errichtung von Geschiebestausperren. Doch die Schutzbauten am Unterlauf der Bäche allein brachten nicht immer den gewünschten Erfolg. Neue Konzepte in geschiebeführenden Wildbächen zielen auf eine Bewirtschaftung des Geschiebes hin. In den siebziger Jahren entwickelte man die ersten Sortiersperren mit dem Ziel der Ausfilterung und Ablagerung von unerwünschtem Grobgeschiebe während des Hochwasserereignisses, aber kein Depo- nieren des ungefährlichen Geschiebekorns. Die Geschiebebewirtschaftung erfolgt in Österreich mittels Schlitzsperrern, Balken- und Sortiersperren mit Schrägrechenkonstruktionen als funktioneller Teil der Sperre. Aufgrund der Erfahrungen in der Praxis wurde die Konstruktion des Rechens - vor allem mit dem Ziel der Ausfilterung des unerwünschten Wildholzes - optimiert. Mehrere Varianten von Balkenkonstruktionen bis hin zu mehrfach geknickter Rechen mit einem abschließenden horizontalen Teil sollen eine gezielte Geschiebe- und Wildholzbewirtschaftung ermöglichen, sodass einerseits das schadhafte Wildholz ausgefiltert und andererseits der Feingeschiebetransport im Ereignisfall möglichst lange erhalten bleibt. In sensiblen Wildbachunterläufen, in denen eine Anlandung von Feingeschiebe nicht stattfinden soll, ist die Dimensionierung der lichten Weiten des Sortierwerkes von besonderer Bedeutung. In diesem Fall können nach derzeitigem Wissensstand nur grobe Abschätzungen der Transportkapazität des Unterlaufgerinnes zur Dimensionierung der Öffnungen herangezogen werden. In diesen Abschätzungen ist jedoch der Einfluss des Wildholzes nicht berücksichtigt. Nicht berücksichtigt sind auch hydraulische Rückstauereffekte infolge der Querschnittsreduktion durch die Balken oder den Sortierteil des Bauwerkes. Zur Festlegung der Geschiebeeinträge in die Vorflut ist nicht nur die Kenntnis des Geschiebetransportes am funktionellen Teil der Sperre notwendig, sondern auch der Transport über das Unterlaufgerinne (meist Wildbachschwemmkegel) bis zum Vorfluter. Besonders problematisch wird es dann, wenn in den schon knapp dimensionierten Unterlaufgerinnen Sohlneigungsknicke vorhanden sind und sich an diesen Stellen im Falle von Geschiebetransport Anlandungen einstellen und diese Anlandungen eine Querschnittsreduzierung hervorrufen und es zu einer Überbordung kommt. Im Rahmen des EU-Projektes „SedAlp“ erfolgte eine gesamtheitliche Betrachtung des Sediment- und Wildholzmanagement in Alpinen Flüssen und Bächen unter ökologischen, ökonomischen und risikorelevanten Gesichtspunkten. Zur Optimierung von Schutzbauwerken in Bezug auf eine Geschiebe- und Wildholzbewirtschaftung wurden physikalische Modellversuche durchgeführt und Vorschläge zur Verbesserung erarbeitet.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Durchführung physikalischer Modellversuche zur Optimierung von Filtersperren hat zum Ziel, die Vor- und Nachteile einer offenen Sperre mit Balken oder Rechen aufzuzeigen und

gegenüberzustellen. Beide Filtersperrentypen sollen während der Dauer eines Abflussereignisses grobe Kornfraktionen, meist Steine und Felsbrocken im Ablagerungsbecken zurückhalten und anschließend mit dem Abklingen der Abflussganglinie die feinen Sedimente, wie Kiese und Sande durch das Sperrenbauwerk hindurchspülen. Weiters soll der hydraulische Rückstau-effekt, welcher zwangsläufig durch die konstruktive Ausbildung von horizontalen und vertikalen Stäben entsteht, dokumentiert und festgehalten werden. Der Einfluss einer sich ausbildenden, in das Rückhaltebecken weiter zurück reichenden Wasserspiegellage, auf den Geschiebetransport und dabei vor allem auf den Geschiebeablagerungsprozess, ist von besonderem Interesse. Eine entscheidende Fragestellung, welche im Zusammenhang mit der Durchführung physikalischer Modellversuche zur Optimierung von Filtersperren geklärt werden soll, bezieht sich auf die Einflussnahme der Beckenform auf den Geschieberückhalt. Hierbei sollen mögliche Unterschiede des Geschiebeeintrags, sowie Transport- und Ablagerungsprozesse in einem rechteckigen, sowie einem birnenförmigen Rückhaltebecken aufgezeigt werden. Die Durchführung der physikalischen Modellversuche hat zum Ziel, Szenarien zu simulieren, in denen Versuchsreihen unter der Betrachtung des Reinwasserabflusses, dem Eintrag von Geschiebe, aber auch der Kombination von Geschiebe und Wildholz, durchgeführt werden. Die Gegenüberstellung der Versuchsreihen soll Aufschluss darüber geben, welcher Sperrentyp sich am besten eignet, um einerseits grobe Kornfraktionen des Geschiebes während dem Spitzenabfluss zurückzuhalten und andererseits feine Sedimente hindurch zu schleusen. Das Verhältnis von Größtkorn zu lichter Durchflussweite, sowie der Zusammenhang zwischen der Querschnittsfläche des Sperrenbauwerkes und der tatsächlich nutzbaren Durchflussfläche, sind von entscheidender Bedeutung.

2 Grundlagen

1.1 Klassifizierung von Rückhaltebauwerken

Durch die ständige Weiterentwicklung bestehender und Konzipierung neuer Wildbachsperren entstand der Wunsch, eine Klassifizierung für die unterschiedlichen Bautypen zu erstellen. In der ONR 24800 findet sich eine Darstellung der Klassifizierung von Sperrenbauwerken der Wildbachverbauung. Die in Abb. 1 dargestellten Bauwerke werden nach ihren Eigenschaften und ihrer Funktionsweise angeführt und gegenübergestellt.

| Leitfunktion | Stabilisierung Konsolidierung | | Retention (Rückhalt) | | Dosierung | | Filterung | | Energieumwandlung | | |
|-------------------------|--|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|----------------------------|---|---|----------------------------|------------|
| | Konsolidierungssperre Grundschwellen Sohlgurte Rampen | Retentionsperren Wasser- Geschiebe- retentionssperre | | Dosiersperre Wasser- Geschiebe- dosiersperre | | Filtersperre Grobgeschiebe- Wildholz- filtersperre | | Murbrecher Absturzbauwerk Bremsbauwerk | | | |
| Konstruktionsart | Vollwandsperre (Geschlossene Sperre) | | Einfache Vollwandsperre | | | Mehrfache Vollwandsperre (Kaskadensperre) | | | | | |
| | Offene Sperre | | Kronengeschlossene Sperre | | | Kronenoffene Sperre | | | | | |
| statisches System | Gewichtssperre | | Gewölbesperre (Bogensperre) | | Plattensperre | | | Aufgelöste Tragwerke | | | |
| | | | | | Einfache Platten- sperre | Pfeiler- platten- sperre | Winkel- stütz- mauer | Massenaktive Tragwerke Grobfilter Murbrecher | Vektoraktive Tragwerke Gittersperre (biegesteif) | Netzsperre (biegeweich) | Seilsperre |
| Baustoff | ...in Holz ...in Stein ...in Konstruktionsbeton (bewehrt, unbewehrt) ...in Stahl | | | | | | | | | | |
| Verschluss öffnungen | ...mit Balken (Holz, Stahl) ...mit Rechen (Schrägrechen) ...mit Rost ...mit Schütz (Stauklappe) | | | | | | | | | | |

Abb. 1 Klassifizierung von Sperrenbauwerken nach ONR 24800

1.2 Gegenüberstellung der Wirkungsweise von Balken- und Rechensperren

Die Balkensperre ähnelt von der Bautype jener einer Schlitzsperre, mit dem Unterschied, dass die Öffnung mit horizontalen Stabprofilen angefertigt ist. Maßgebenden Einfluss auf die Funktionsfähigkeit nimmt die Höhe der Sperre, die Stärke der Stäbe sowie der Balkenabstand (BERGMEISTER, K. et al., Sonderdruck 2008).



Abb. 2 Kombination aus einer Schlitz- und einer Balkensperre; Quelle: (WEBER, 2006)

Der Wirkungsgrad und damit die Geschiebedurchgängigkeit hängen vom Verhältnis Balkenabstand zu Größtkorn ab, wobei ein Wert von $1,5 \times d_{\max}$ laut HAMPEL (1968) nicht unterschritten, beziehungsweise der Mindestabstand zwischen Balken nicht kleiner als die doppelte Balkenstärke sein sollte (HAMPEL, 1968). ZOLLINGER (1983) sieht den Vorteil von Balkenkonstruktionen vor allem bei der möglichen Variation der Durchlassöffnungen.

Der Grobgeschiebe- und Wildholzanteil eines Hochwasserereignisses beeinflusst den Verklauungsprozess an der Sperrenöffnung und führt unter Umständen zu einer raschen Verlandung des Rückhaltebeckens. Ist eine Balkensperre verlegt, so kann eine selbsttätige Entleerung nur in den seltensten Fällen erwartet werden und eine maschinelle Räumung wird erforderlich (BERGMEISTER, K. et al., Sonderdruck 2008).

Die Idee bei der Errichtung einer Rechensperre ist jene, dass ein Rost (Rechen) schräg von der Sohle beginnend, bis hinauf zur Oberkante des Bauwerks reicht (Abb. 3). Im Gegensatz zu einer Balkensperre soll nun das Treibholz entlang dieses Rechens aufgleiten und so den Geschiebetrieb weiter aufrechterhalten. Durch die erhöhte Schleppkraft zwischen den vertikal eingebauten Rechenstäben wird eine selbsttätige Entleerung begünstigt und das Geschiebe kann unter dem zurückgehaltenen Holzteppich die Sperre passieren (BERGMEISTER, K. et al., Sonderdruck 2008).

Komplikationen treten jedoch auf, wenn das Treibholz durch einen Rückgang der Hochwasserwelle absinkt und schließlich den Geschiebetrieb zum Erliegen bringt. Ein Rückstau in den Verlandungsraum durch Wasser, Geschiebe und Treibholz ist die Folge und ähnlich der Verklauung einer Balkensperre, muss eine maschinelle Räumung in Erwägung gezogen werden (BERGMEISTER, K. et al., Sonderdruck 2008).

Damit der Geschiebetrieb möglichst lange aufrechterhalten werden kann, wird bei der Konstruktion und auf die Ausbildung des Rechens großer Wert gelegt. Während bei den ersten Bauwerken der gesamte Rechen mit einer Schräglage von 45° errichtet wurde, so kommen heute mehrfach zusammengesetzte Rechenteile zum Einsatz. Der unterste Rechenabschnitt

wird horizontal ausgeführt und gleicht einem Tiroler Wehr. Daran anschließend folgen weitere Rechensegmente die mit zunehmender Höhe des Bauwerks immer steiler geneigt sind (BERGMEISTER, K. et al., Sonderdruck 2008).



Abb. 3 Rechensperre mit ausgerundeten MSH Stahlträgern (Bild: WLV Vorarlberg)

Zwar wird der Effekt des Aufgleitens von Treibholz entlang der Rechenstäbe angestrebt, es muss jedoch Sorge dafür getragen werden, dass eine mögliche Holztrift über die Abflusssektion unter allen Umständen vermieden wird. Es empfiehlt sich die Errichtung von vertikalen I-Trägern an der Krone der Abflusssektion (BERGMEISTER, K. et al., Sonderdruck 2008).

3 Modellversuche

HAINZER (2013) hat für die Durchführung der physikalischen Modellversuche am Institut für Alpine Naturgefahren die Wirkungsweise einer Rechensperre während einem Hochwasserabflussereignis näher betrachtet. Dabei wurden vier Versuchsvarianten erarbeitet, die zwar dasselbe Setup hinsichtlich der Abfluss- und Geschiebeganglinie beinhalten, jedoch die Sperrbauwerke unterschiedliche lichte Stabweiten aufweisen. Das Ablagerungsvolumen der einzelnen Modellversuche bestimmte HAINZER (2013) mit Hilfe von Laserscanaufnahmen. Die Veränderung der lichten Stabweite spiegelt sich dabei in den unterschiedlichen Rückhaltevolumina der Versuchsreihen wieder. Bei der Durchführung der physikalischen Modellversuche vergleicht HAINZER (2013) neben Versuchen mit Geschiebezugabe auch die Auswirkung eines Reinwasserabflusses und in diesem Zusammenhang einen möglichen hydraulischen Rückstauereffekt in das Rückhaltebecken.

TROJER (2013) hat sich ebenfalls mit der Durchführung von physikalischen Modellversuchen beschäftigt. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf Filtersperren gelegt und es erfolgte eine Gegenüberstellung der unterschiedlichen Wirkungsweisen einer Rechen- und einer Balkensperre.

In einer Vorstudie zeigte er anhand von Trockenversuchen, welche durch eine reine Beschickung von Sediment auf das Rückhaltebauwerk durchgeführt wurden, wie sich mögliche Ablagerungs- und Verklammerungsmechanismen ausbilden können. Die daraus gewonnen Erkenntnisse waren wesentlicher Bestandteil für die weiterführenden Modellversuche. TROJER (2013) hat bei der Durchführung der physikalischen Modellversuche zwischen folgenden Versuchsreihen unterschieden:

- ✓ Rechensperre: Zugabe von Sediment
- ✓ Rechensperre: Zugabe von Sediment und Wildholz
- ✓ Balkensperre: Zugabe von Sediment
- ✓ Balkensperre: Zugabe von Sediment und Wildholz

Neben der Dokumentation des Einflusses von Geschiebe und Wildholz auf den Ablagerungsprozess im Rückhaltebecken, sowie der möglichen Ausbildung von Verklausungen an der Filtersperre, wurden weitere Erhebungen zum Einsetzen selbsttätiger Entleerungen durchgeführt. Darüber hinaus wurden Untersuchungen angestellt, welche Aufschluss darüber geben sollten, welche Auswirkungen durch das Auftreten hydraulischer Rückstaueffekte zu erwarten sind. TROJER (2013) weist in der Zusammenfassung und Interpretation der Versuchsergebnisse darauf hin, dass ein hydraulischer Rückstaueffekt und damit ein Ansteigen der Wasserspiegellage im Rückhaltebecken, eine vorzeitige Ablagerung des Geschiebes zur Folge hat.

TROJER (2013) kommt zu dem Schluss, dass sich die Filterwirkung einer Rechen- und einer Balkensperre ohne der Zugabe von Wildholz weitgehend durch die Veränderung des lichten Stababstandes beeinflussen und regulieren lässt.

Die von TROJER (2013) durchgeführten physikalischen Modellversuche zeigen, dass bereits ein Wildholzanteil von 0,15 % bezogen auf das verwendete Geschiebevolumen von 1,05 m³, eine große Streuung der Ablagerungsvolumina bei beiden Sperrenbauwerken zur Folge hat. Er weist aber darauf hin, dass die Rechensperre auf Grund ihrer konstruktiv ausgebildeten abgetreppten Form, das Aufschwimmen und das Ausbilden von Holzteppichen fördert und damit im Gegensatz zu der Balkensperre, welche zu massiven und widerstandsfähigen Verklausungen neigt, zu bevorzugen ist.

Aufbauend auf die von HAINZER (2013) und TROJER (2013) durchgeführten physikalischen Modellversuche, wurden weitere Versuchsreihen zur Untersuchung und Dokumentation der Wirkungsweise von Filtersperren (Balken- und Rechensperre) unternommen. Die Rechensperre (Abb. 4 linkes Bild) hat geneigte vertikale Balken (Stahlträger) und die Balkensperre (Abb. 4 rechtes Bild) hat horizontale Balken im Filterteil der Sperre.



Abb. 4 Rechensperre (links) und Balkensperre (rechts)

Die Experimente sollten die Variation des Sedimenttransports dieser Strukturen einschließlich des Einflusses von Totholz bewerten. Zur Dokumentation der Filterfähigkeit wurden die Abstände zwischen den Balken zwischen 10,5 mm (= d_{90} der Korngrößenverteilung) bis 15 mm variiert. Die physikalische Größe der Experimente ist 1:30. Alle Versuchsdurchläufe sind Froude skaliert. Beide Sperrentypen wurden mit einer länglichen und birnenförmigen Becken-

form getestet, um den Effekt des Ablagerungsbereiches zu untersuchen. Die Sohlneigung des Beckens beträgt 5%.

4 Ergebnisse

4.1 Ablagerungsvolumina

Nach jedem Versuch wurde sowohl nach dem HQ₁₅₀ als auch nach dem Spülhochwasser HQ₅ ein Laserscan erstellt. Exemplarisch ist eine grafische Auswertung für den Versuch 15 dargestellt (Abb. 5).

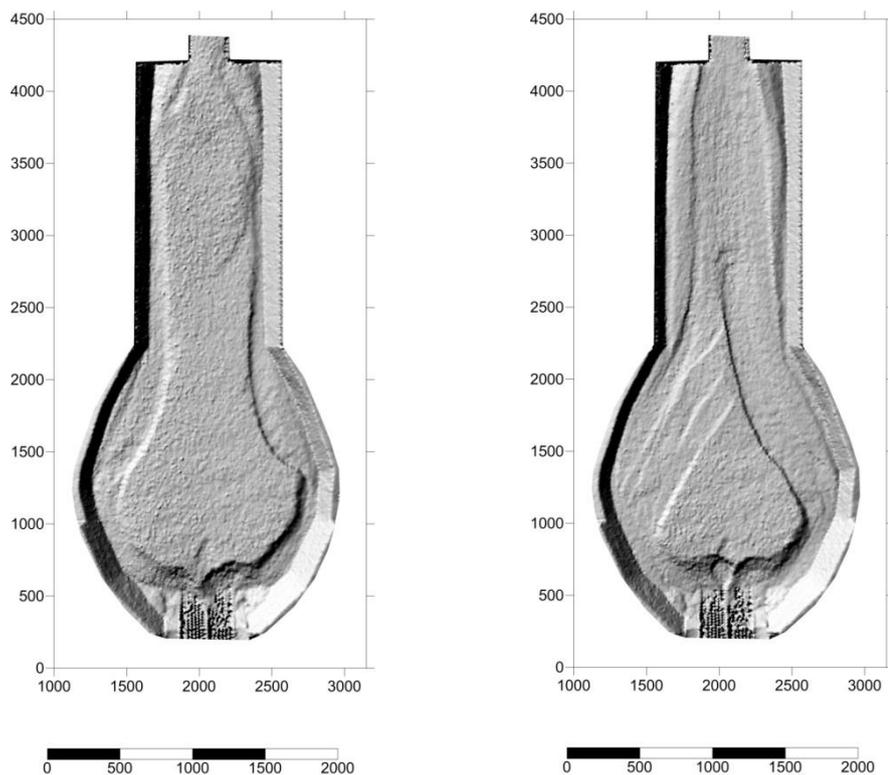


Abb. 5 Hillshade Versuchsnummer 15 nach HQ₁₅₀ und HQ₅.

Tab. 1 Ablagerungsvolumina für die Versuche mit rechteckiger Beckenform

| Nr. | Bautype | Stababstand | Reinwasser | Geschiebe | Wildholz | Ablagerung [m ³] | |
|-----|--------------|-------------|------------|-----------|----------|------------------------------|--------|
| | | | | | | HQ 150 | HQ 5 |
| 1 | Rechensperre | 10,5 mm | | | | 0,5213 | 0,5524 |
| 2 | Rechensperre | 10,5 mm | | | | 0,6018 | 0,7125 |
| 3 | Rechensperre | 15 mm | | | | 0,3398 | 0,2917 |
| 4 | Rechensperre | 15 mm | | | | 0,2421 | 0,2476 |
| 5 | Rechensperre | 15 mm | | | | - | - |
| 6 | Balkensperre | 10,5 mm | | | | 0,5879 | 0,6375 |
| 7 | Balkensperre | 10,5 mm | | | | 0,6203 | 0,7216 |
| 8 | Balkensperre | 15 mm | | | | 0,5417 | 0,4138 |
| 9 | Balkensperre | 15 mm | | | | - | - |
| 10 | Balkensperre | 15 mm | | | | 0,1879 | 0,1789 |

Eine Übersicht der Ablagerungsvolumina ist für das rechteckige Becken in **Tab. 1** dargestellt. Die Volumina beziehen sich auf den gescannten Ablagerungsraum. Im Zubringergerinne kam es durch Rückstaueffekte ebenfalls zu Ablagerungen. Diese wurden durch den Scanner nicht erfasst, jedoch über die Geometrie des Zubringergerinnes und der Ablagerungshöhe für weitere Auswertungen (z.B. Spüeffizienz) berücksichtigt. Durch das Spülereignis (HQ₅) wurde die

Ablagerung im Zubringergerinne teilweise mobilisiert. Daher ist in einzelnen Versuchen das Ablagerungsvolumen nach dem Spülereignis größer als nach dem Bemessungsereignis (HQ₁₅₀).

Tab. 2 Ablagerungsvolumina für die Versuche mit birnenförmigen Beckenform

| Nr. | Bautype | Stababstand | Reinwasser | Geschiebe | Wildholz | Ablagerung [m ³] | |
|-----|--------------|-------------|------------|-----------|----------|------------------------------|--------|
| | | | | | | HQ 150 | HQ 5 |
| 11 | Rechensperre | 15 mm | | | | 0,3716 | 0,3536 |
| 12 | Rechensperre | 15 mm | | | | 0,4962 | 0,4023 |
| 13 | Rechensperre | 15 mm | | | | - | - |
| 14 | Rechensperre | 10,5 mm | | | | 0,6295 | 0,6278 |
| 15 | Rechensperre | 10,5 mm | | | | 0,5641 | 0,5852 |
| 16 | Balkensperre | 15 mm | | | | 0,2486 | 0,2023 |
| 17 | Balkensperre | 15 mm | | | | 0,4054 | 0,2773 |
| 18 | Balkensperre | 15 mm | | | | - | - |
| 19 | Balkensperre | 10,5 mm | | | | - | - |
| 20 | Balkensperre | 10,5 mm | | | | 0,6337 | 0,705 |
| 21 | Balkensperre | 10,5 mm | | | | 0,6379 | 0,7353 |

4.2 Beckenform

Ein besonderes Augenmerk lag bei den durchgeführten Versuchen auf der Beckenform. Zur Analyse der Ergebnisse wurden die Versuche nach der Beckenform (Rechteck und Birne) und dem Ereignis (HQ₁₅₀ und Spülung HQ₅). Die mittleren Ablagerungsvolumina sind in **Tab. 1** und **Tab. 2** dargestellt. Die Beckenformen unterscheiden sich hinsichtlich der abgelagerten Volumina nur geringfügig. Im birnenförmigen Becken gelangen für das HQ₁₅₀ Ereignis durchschnittlich 9 % mehr Geschiebe zur Ablagerung. Für die Spülereignisse (HQ₅) ist der Unterschied geringer. Durch die Mobilisierung aus dem Zubringergerinne hat sich die Ablagerung in einzelnen Fällen sogar vergrößert. Dies wurde aber bei der Analyse der Spüleffizienz berücksichtigt.

4.3 Spüleffizienz durch HQ₅

Die Fähigkeit zur Selbstentleerung wurde im Rahmen des Projekts genauer betrachtet. Für die Versuche ohne Wildholz zeigt sich ein recht homogenes Bild in Abhängigkeit von der lichten Weite der Rechen- bzw. Balkenelemente. Beim HQ₅ wurde kein Geschiebe zugegeben, aber ein gewisser Geschiebeanteil aus dem Zulaufgerinne wurde mobilisiert. Da dieser Anteil außerhalb des Scanbereiches liegt, wurde er über die Geometrie des Einlaufgerinnes berücksichtigt. Für den engeren Stababstand (10,5 mm) liegt die Selbstentleerung bei 5-11%. Für den weiteren Stababstand (15 mm) bei 12-17%. Bei den Versuchen mit Wildholz ist anzumerken, dass die „Verklausung“ gelöst wurde. Das heißt, das Wildholz wurde vor der Spülung händisch entfernt. Dennoch zeigen die Auswertungen mehr Streuung. Für den engeren Stababstand (10,5 mm) liegt die Selbstentleerung bei 2-13%. Für den weiteren Stababstand (15 mm) bei 17-25%. Die höhere Selbstentleerungsrate liegt auch daran, dass bei den Versuchen mit Wildholz und engerem Stababstand auch die größten Ablagerungen vorhanden waren.

5 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Die Durchführung physikalischer Modellversuche zur Optimierung von Filtersperren und in diesem Zusammenhang vor allem die Gegenüberstellung von einer Rechen- mit einer Balkensperre in verschiedenen Beckenformen, haben die unterschiedlichen Wirkungsweisen der beiden Rückhaltebauwerke aufgezeigt.

Bedenkt man allerdings, dass bei einem tatsächlichen Abflussereignis neben dem Geschiebeanteil, Hölzer, Wurzelstöcke Äste und Laub zu erwarten sind, so kann man sich leicht vorstellen, dass diese Mischung einen entscheidenden Einfluss auf das Ablagerungsverhalten

und damit auf den Verlandungsprozess einer Sperre nimmt. Nicht zuletzt hat die Durchführung der physikalischen Modellversuche eindrucksvoll aufgezeigt, dass bereits ein Holzanteil von 0,15 % bezogen auf das Geschiebegesamtolumen von 1,05 m³, eine beachtliche Streuung der Ablagerungsvolumina bei beiden Filtersperren zur Folge hat.

Die Modellversuche unter Zugabe von Wildholz haben jedoch auch gezeigt, dass die Verkläusungsmechanismen bei der Balken- und der Rechensperre unterschiedlich ablaufen. Während bei der Balkensperre die konstruktive Ausbildung der horizontalen Stäbe äußerst anfällig für widerstandsfähige Verkläusungen ist, so kommt der Rechensperre der Umstand zu Gute, dass die Stäbe in einer abgetreppten Form ausgebildet werden. In der Abb. 6 ist dargestellt, welchen Einfluss die Neigung und der lagemäßige Einbau der Metallstäbe auf das Wildholz hat (TROJER 2013).



Abb. 6 linkes Bild: Balkensperre mit massiver Verkläusung; rechtes Bild: Rückseite der Rechensperre; die Hölzer lagern sich direkt an den vertikalen Stäben an und treten nicht hindurch.

In der Abb. 6 ist noch ein weiterer Nachteil der Balkensperre gegenüber der Rechensperre zu nennen. Lange Wildholzbloche, welche durch den lichten Stababstand der Balkensperre hindurchtreten können, sacken ab dem Überschreiten der halben Eigenlänge mit dem vorderen Teil des Bloches schlagartig nach unten und klemmen sich somit zwischen zwei Metallstäben ein. Die dadurch gefangenen Wildhölzer können weder durch nacheilende Holzblöcke noch durch eine Restwassermenge in Form einer Spülung befreit werden. In der Realität bedeutet dies schließlich, dass unter gefährlichsten Bedingungen und unter Einsatz von Maschinen die Verkläusung aufwendig gelöst werden muss.

Bei der Rechensperre konnte dieses Phänomen nicht beobachtet werden, da einerseits die Hölzer durch den größeren hydraulischen Rückstau effekt in Form eines Holzteppichs aufschwimmen und andererseits durch die Ausbildung der vertikalen Stäbe kaum zwischen zwei Stabprofilen eingeklemmt werden können.

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse hinsichtlich der Durchführung von physikalischen Modellversuchen wie folgt darstellen:

- ✓ Die Filterwirkung einer Rechen- und einer Balkensperre lässt sich ohne Zugabe von Wildholz weitgehend durch die Veränderung des lichten Stababstandes beeinflussen. Dabei wirken die Sperren vorwiegend durch hydraulischen Rückstau.

- ✓ Das birnenförmige Ablagerungsbecken bewirkte geringfügig höhere Ablagerungsvolumina.
- ✓ Ein Wildholzanteil von 0,15 % bezogen auf das verwendete Geschiebevolumen von 1,05 m³ verursacht eine große Streuung der Ablagerungsvolumina bei beiden Sperrerbauwerken.
- ✓ Während bei einer Balkensperre unter Zugabe von Wildholz widerstandsfähige Verklausungen zu erwarten sind, so bildet sich bei einer Rechensperre ein schwimmender Holzteppich aus, der sich mit zunehmendem Abfluss am Sperrerbauwerk ablagert und eine selbsttätige Entleerung weniger behindert.
- ✓ Auch bei Entfernung der Verklausungen nach dem Ereignis ist die Spüreffizienz gering. Das gilt in besonderem für die Versuche mit der engen lichten Weite von 10,5°mm.

Literatur

- BERGMEISTER, K. et al. (Sonderdruck 2008). Betonkalender, Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Ernst & Sohn.
- AUFLEGER M., GEMS B., STURM M. (2015): Hydraulic scale model tests for the analysis of bedload transport processes in stepped torrent channels, Report WP 06 SedAlp, TU Innsbruck, Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur (unveröffentlicht).
- HAINZER, D. (2013). Geschiebemanagement Schöttelbach. Wien: Diplomarbeit, Institut für alpine Naturgefahren.
- HAMPEL, R. (Mai 1968). Geschiebealagerung in Wildbächen dargestellt in Modellversuchen. Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs.
- HÜBL J., CHIARI M., TROJER M. (2015): Physikalische hydraulische Modellversuche zur Optimierung von Rechenkonstruktionen von Filtersperren, IAN Report 148 SedAlp WP6, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht), 91 pp.
- TROJER, M. (2013). Optimierung von Filtersperren durch physikalische Modellversuche, Wien: Diplomarbeit, Institut für alpine Naturgefahren.
- ZOLLINGER, F. (1983). Die Vorgänge in einem Geschiebeablagungsplatz - Ihre Morphologie und die Möglichkeiten einer Steuerung. Zürich, Dissertation ETH Zürich: ADAG Administration und Druck AG.

Anschrift der Verfasser

DI Gerald Jäger

Fachbereich Wildbachprozesse; Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung, Sektion Vorarlberg, Gebietsbauleitung Bregenz

Rheinstraße 32/4; A 6900 Bregenz

E-Mail: gerald.jaeger@die-wildbach.at

DI Markus Moser

Fachbereich Wildbachprozesse; Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung; Sektion Salzburg, GBL Lungau

Johann Löcker Str. 3; A 5580 Tamsweg

E-Mail: markus.moser@die-wildbach.at