

# Instream Measures in einer alpinen Schwallstrecke – eine erste Bilanz von der Hasliaare

Steffen Schweizer, Ralf Grand, Janick Frei, Sandro Schläppi, Matthias Meyer, Michael Döring, Willy Müller, Martin Flück, Martin Bettler, Beatrice Herzog

## Zusammenfassung

In der Hasliaare in Innertkirchen wurden im Winter 2014/15 auf einer 300 m langen Flussstrecke fischökologische Aufwertungsmassnahmen in Form von Instream Measures (direkt im Fließgewässer, innerhalb der Dämme) umgesetzt. Aus ökologischer Sicht lag der Hauptfokus auf dem Schaffen von Habitaten für Jungfischstadien der heimischen Forelle (*Salmo trutta*), da diese in der mit Bühnen kanalisierten Strecke bei Abflüssen grösser als 20 m<sup>3</sup>/s fehlen. In der Planungsphase mussten erstens die dynamischen Anforderungen eines Gebirgsflusses berücksichtigt werden. Zweitens musste bei der ökologischen Aufwertung das Schwall/Sunk-Abflussregime beachtet werden, drittens sollte der Aufwand in einem akzeptablen Verhältnis zum ökologischen Mehrwert stehen und nicht zuletzt mussten die Ansprüche von vielen verschiedenen Akteuren berücksichtigt werden. Als Massnahmen wurde eine Kombination aus Belebteingruppen, Wurzelstöcken, Fischunterständen und abgeknickten Bühnen realisiert. Im Sommer und Herbst 2015 erfolgte eine erste Erfolgskontrolle, bei der die fischökologischen Verbesserungen aufgezeigt werden konnten.

## Keywords

Schwall/Sunk, Fischökologie, Hasliaare

## Mesures Instream dans un tronçon éclusée alpin – un premier bilan de la Hasliaare

## Résumé

Dans la Hasliaare à Innertkirchen en hiver 2014/15, des mesures de valorisation de l'écologie des poissons en forme de mesures Instream ont été réalisées sur une distance de 300 m

(directement dans le cours d'eau, à l'intérieur des barrages). Du point de vue écologique, le sujet principal était de créer des habitats pour des stades juvéniles de la truite indigène (*Salmo trutta*), vu qu'elles manquent dans ce tronçon canalisé d'épis lors des débits supérieurs à 20 m<sup>3</sup>/s. Premièrement, on a dû tenir compte des exigences dynamiques d'une rivière de montagne dans la phase de planification. Deuxièmement, il fallait prêter attention au régime des éclusées lors de la revalorisation écologique. Troisièmement, la charge du travail devait être proportionnellement acceptable en relation d'une plus-value écologique, notamment en tenant compte des exigences des nombreux et différents acteurs. Les mesures prises étaient une combinaison de groupes de pierres vivifiées, rhizomes, abris pour les poissons et des épis cassés. En été et en automne 2015, un contrôle a été effectué au cours duquel une amélioration de l'écologie des poissons a été constatée.

## Mots-clés

Éclusée, écologie des poissons, Hasliaare (Aar de Hasli)

## Instream Measures in un tratto alpino soggetto a deflussi discontinui – un primo bilancio della Hasliaare

## Riassunto

Nell'inverno 2014/15, lungo un tratto di 300 m della Hasliaare a Innertkirchen, sono state realizzate misure di risanamento dell'ecologia della fauna ittica tramite Instream Measures (direttamente nel corso d'acqua, all'interno degli'argini). Dal punto di vista ecologico, l'obiettivo principale era la creazione di habitat per gli avannotti della trota indigena (*Salmo trutta*), siccome

mancano in questo tratto canalizzato con pennelli di correzione quando la portata supera i 20 m<sup>3</sup>/s. Durante la pianificazione si è prima di tutto proceduto a considerare i bisogni dinamici tipici di un fiume alpino. Per il risanamento ecologico è in seguito stato tenuto conto dei deflussi discontinui. Inoltre bisognava che gli sforzi e i costi rimanessero in un rapporto accettabile paragonati al valore aggiunto dell'ecologia. Infine c'erano da considerare le richieste da parte di molte parti interessate. Le misure realizzate comprendono mucchi di massi, ceppi, nascondigli per i pesci e pennelli non dritti. Un primo controllo dei risultati ha avuto luogo nell'estate e autunno 2015, durante il quale sono stati registrati miglioramenti dell'ecologia dei pesci.

## Parole chiave

Deflussi discontinui, ecologia dei pesci, Hasliaare

## 1. Ausgangslage und Rahmenbedingungen

Die Aare in Innertkirchen liegt morphologisch am Übergang vom alpinen Wildfluss zum Talgewässer. Der Gefällsknick am oberen Ende des Talbodens ist markant und führte über die Jahrtausende zur Aufschwemmung der Ebene. Das ab hier noch ca. 1 % steile Gerinne durchquert anschliessend das Dorf Innertkirchen und weite landwirtschaftlich genutzte Flächen bevor es in die Aareschlucht mündet und dann weiter ins Haslital fliesst. Die Hauptzuflüsse hier oben sind das Urbachwasser und das Gadmerwasser. Seit der Aarekorrektur Ende des 19. Jahrhunderts weist die Aare beinahe durchgehend ein Doppeltrapezprofil zur Aufrechterhaltung des Geschiebetransportes auf. Das ca. 15 m breite Mittelgerinne ist



Abbildung 1: Hasliaare in Innertkirchen: Bühnenstrecke vor Umsetzung der Musterstrecke.

Fig. 1: Hasliaare à Innertkirchen: tronçon à épis avant la mise en œuvre du tronçon modèle.

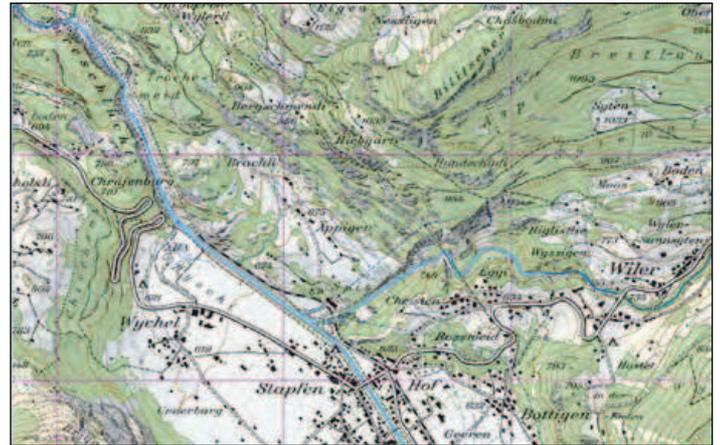


Abbildung 2: Situationsplan und Lage der Musterstrecke, Ausschnitt aus der Landeskarte 1:25'000. ohne Massstab.

Fig. 2: Plan de situation et position du tronçon expérimental, extrait de la carte nationale 1:25'000. Sans échelle.

mit trocken gemauerten Bühnen unterschiedlichen Alters verbaut. Der Abstand der Bühnen beträgt rund 20 m. Sie liegen rechtwinklig zur Flussaxe.

Der hier behandelte Projektperimeter der 'Musterstrecke' liegt unterstrom der Wasserrückgabe der KWO (Abb. 1 und 2). Im Rahmen des Investitionsprojekts 'Tandem' erfolgte eine Schwallanierung gemäss revidiertem Gewässerschutzgesetz (Schweizer et al. 2016). Die Aare ist hier oben noch ein überaus dynamisches Gewässer. Das 100-jährliche Hochwasser wird am rund 10 km stromabwärtsliegenden Pegel mit gut 500 m<sup>3</sup>/s angegeben. Zudem führt die Aare im Hochwasserfall oder bei Murgängen (beispielsweise Spreit- oder Rotlavi) sehr grosse Mengen an Geschiebe mit sich.

Die Aare zwischen Innertkirchen und dem Brienersee ist ein wichtiger Lebensraum für Bach- und Seeforellen. Obwohl die Naturverlaichung nachweislich funktioniert, haben Zustandsuntersuchungen ergeben, dass es insbesondere an geeigneten Jungfischhabitaten (insbesondere Flachuferzonen und strömungsberuhigten Bereiche), Blickschutz vor Fressfeinden und strukturreichen Bereichen mangelt. Bei der Planung für die ökologischen Aufwertungen wurde daher der Fokus auf das Schaffen von ausreichenden Lebensräumen für Jungfische gelegt – unter Berücksichtigung der variierenden Abflussbedingungen bei Sunk und Schwall.

Bedingt durch den harten Uferverbau des Beruhigungsbeckens zur Schwalldämpfung bei der Wasserrückgabe der KWO wurden Ersatzmassnahmen notwendig. Es wurde entschieden - unter der Prämisse der hohen Belastungen der 'alpinen' Aare -, hier verschiedene 'Instream' Massnahmen («Ökomöblierung») im Rahmen einer Musterstrecke zu erstellen und sowohl ihre ökologische Wirkung wie auch ihre bauliche Umsetzbarkeit und Stabilität 1:1 zu testen.

Die entsprechenden Massnahmen wurden im Rahmen eines früheren Artikels (Bettler e.a., 2014) an dieser Stelle bereits beschrieben und im Winter 2014/2015 baulich realisiert.

## 2. Ziele

Folgende Hauptziele wurden bei der Projektierung der Musterstrecke verfolgt:

1. Das Gewässer soll fischökologisch aufgewertet werden. Es fehlten in erster Linie Jungfischhabitats sowie Rückzugsgebiete in der Schwall-Sunk-Strecke.
2. Das Mittelgerinne musste erhalten bleiben (Sicherstellung des Geschiebetriebes).
3. Die Einbauten müssen den sehr hohen Belastungen eines steilen, stark geschiebeführenden Alpenflusses standhalten.

Damit aus dem Fallbeispiel auch künftig ähnliche Projekte profitieren können, wurde eine erste Erfolgskontrolle durch

den Werkeigentümer im Sommer/Herbst 2015 durchgeführt. Dieses Monitoring wird im 2016 weitergeführt.

## 3. Ausgeführte Instream-Massnahmen

1. Wurzelstöcke/Steinlinsen/Asthauften: Während Steinlinsen und Asthaufen am Übergang zum Vorland angeordnet wurden, wählte man für Wurzelstöcke Positionen direkt im Wasser. Neben einer gewissen Strömungsberuhigung bieten diese vor allem auch Blickschutz gegen Fressfeinde. Dabei spielt das Gefüge mit der räumlichen Textur in Lage und Höhe und der inneren Struktur der Ökomöblierung eine wichtige Rolle. Die Hohlräume sollten bei verschiedenen Abflüssen möglichst immer unter Wasser liegen, aber auch nicht eingelandet und damit unwirksam werden.
2. Fischunterstände aus Holzkästen und Einzelstämmen (Abb. 4): Aufgrund der regelmässigen Pegeländerungen infolge von Schwall/Sunk und der häufig geschiebeführenden Hochwasserabflüsse ist die Anordnung in Lage und Höhe für die Funktionsfähigkeit entscheidend.
3. Blocksteingruppen: Mit diesem Baustein wurde die insgesamt eher monotone Gewässersohle strukturiert. Ziel dieser Massnahme ist eine Erhöhung der Strömungsvariabilität und eine Erleichterung der lateralen Migration der Fische. Zusätzlich wird dieser Baustein auch eingesetzt um

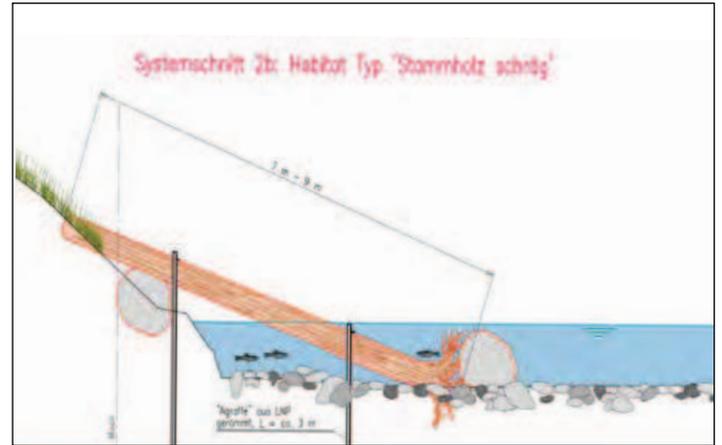
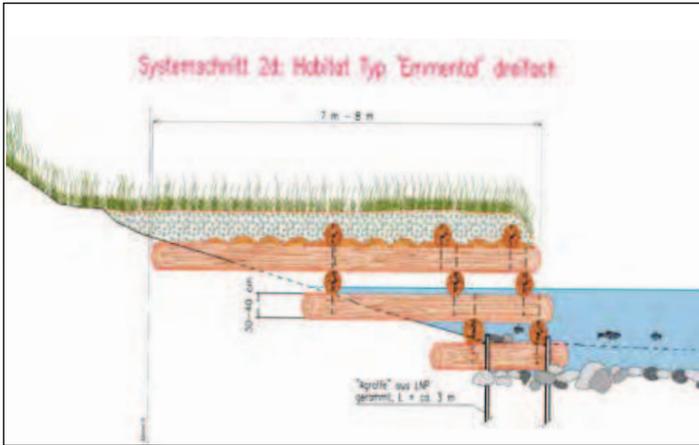


Abbildung 3 Normalprofile Fischunterstände.  
Fig. 3: Profil normal abris de poissons.

die Strömung in Richtung der Fischunterstände zu lenken.

4. Hakenbuhne: Einzelne bestehende Buhnen wurden zur Erhöhung der Strömungsvariabilität umgebaut. Es wurde an einer Buhne ein Fortsatz rechtwinklig gegen die Fließrichtung an den bestehenden Buhnenkopf angebaut.
5. Raubäume: Raubäume (Abb. 3 und 5) sind ein bekanntes und verbreitetes Element zur Aufwertung von Gewässerbereichen mit einem sehr guten Kosten-Nutzen-Verhältnis. Im Rahmen der Musterstrecke sollten insbesondere Erfahrungswerte gesammelt werden, wie lange die Raubäume unter dem vorherrschenden Wasser- und Geschieberegime intakt

bleiben, resp. wie häufig diese ersetzt werden müssen.

#### 4. Konstruktive Aspekte

Generell bildeten, wie oben beschrieben, v.a. die zu erwartenden Einwirkungen aus Strömungsdruck, Geschiebetrieb (und damit verbundenen Kolkphänomenen und Erddruck aus Anlandungen), Anprall und dgl. die grösste Herausforderung für Planung und Bau von Ufer- und Sohlenverbauungen mit guter Funktionsfähigkeit als Lebensraum. In der Literatur ist eine Vielzahl von 'weichen' Verbauungen beschrieben und es bestehen seit der 'Wiederentdeckung' der ingenieurbioologischen Bauweisen nun auch bereits wieder mehrere Jahrzehnte praktischer Erfah-

rung. Der allergrösste Teil solcher Massnahmen wird aber an wesentlich kleineren und flacheren Gerinnen realisiert. Die Vervielfachung der einwirkenden Kräfte durch eine steilere Sohle oder Geschiebetrieb wird durch den Nicht-Ingenieur nur zu oft unterschätzt. An der Musterstrecke wurde diesem Umstand damit begegnet, dass versucht wurde, klassische Elemente der Gerinnestrukturierung mit massiveren Mitteln, guten Fundationen und oft auch Rückverankerungen zu realisieren. Die einfachen Wurzelstöcke im Uferbereich wurden mit Drahtseilen zurück gebunden, welche ihrerseits an gerammten Stahlprofilen befestigt wurden.



Abbildung 4 Erstmals nach dem Bau teilweise gefluteter Holzkasten, Foto: K. Inäbnit, KWO.  
Fig. 4: Caisse en bois partiellement inondée pour la première fois. Photo: K. Inäbnit, KWO.



Abbildung 5: massiv mit Stahlseilen und gerammten Stahlprofilen gesicherter Stamm, Foto: K. Inäbnit, KWO.  
Fig. 5: Tronc consolidé avec des câbles d'acier massifs et des profils en acier. Photo: K. Inäbnit, KWO.

Für die Wurzelstöcke weiter im Gerinne wurden gestumpfte Wurzelstöcke (Wurzelstöcke mit einem mehrere Meter langen Stammstück) verwendet, wobei der Stamm in die Flusssohle eingegraben wurde. Die Ausführung dieser Variante führte zu grossen Baugruben und einem sehr hohen Aufwand.

Die Holzkästen wurden in erster Linie im Untergrund fundiert und nur leicht in den Damm eingebunden, da bei Verschiebungen oder Verdrehungen der Stämme sonst hohe Kräfte im Dammkörper erzeugt würden. Auch dies führte zu sehr grossen Baugruben und (im lockeren Kies der Aare) trotz Fangdämmen vielen Pumpenstunden.

Die Verankerung der Raubäume erfolgte ebenfalls mittels Stahlseilen an gerammte Stahlprofile in der Böschung. Weiter wurden 'Agraffen' aus schweren Normstahlprofilen geschweisst und in den Boden gerammt. Die Rammtiefe betrug bei allen solchen Verankerungen jeweils mehrere Meter.

Die Fischunterstände sollten sich möglichst dauerhaft im Wasser befinden, aber dennoch möglichst nicht eingelandet werden. Diese Aufgabe wurde so gelöst, dass die optimale Lage zwischen den Bühnen gesucht wurde (Strömungsbild im Bühnenfeld bei verschiedenen Abflüssen), so dass die Werke sandfrei bleiben oder periodisch wieder freigespült werden.

Eine grosse Herausforderung bildet auch immer der Anschluss an bestehende Mauerwerke, v.a. wenn sie älteren Datums sind. Unterschiedliche Konstruktionsarten und Steingrössen können in den meisten Fällen nicht stabil kraftschlüssig verbunden werden. So wurden früher - als Arbeitskräfte billig waren und Material teuer - oft aufwändig gemauerte, sauber verfügte und glatte Trockenmauerwerke erstellt, teilweise aus behauenen Steinen, welche im Verbund tragen und so im Verhältnis zur Steingrösse sehr hohe Stabilitäten aufweisen. Im Gegensatz dazu werden heute meist schwere Einzelblöcke verwendet - Material ist billig geworden und Arbeit teuer. Diese beiden Materialien lassen sich ohne Einsatz von Beton kaum verbinden. Ein Aufbrechen der Pflasterung würde den Verbund zerstö-

ren und mit grossen Blöcken kann der Kraftschluss nicht hergestellt werden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Einbau der Massnahmen mit solchen Mitteln im Gegensatz zu ingenieurbioologischen Bauweisen an kleinen Gewässern keine Kostenersparnis mehr darstellt - Beschaffung und v.a. Einbau sind aufwändig und teuer. Allerdings rechtfertigt eine Verbesserung der Lebensräume die Umsetzung von entsprechenden Massnahmen.

## 5. Monitoring

Im Mai 2015 und im November 2015 erfolgte eine Bestandsaufnahme, um die gewässerökologische Wirkung in der Realität beurteilen zu können. Im Rahmen des Monitoringprogramms konnte zudem das Verhalten der Elemente bei einem ausserordentlichen, hochkonzentrierten Abfluss, welcher durch einen Murgang (Spreitlavi) im Oberlauf der Aare ausgelöst wurde, sowie bei kleineren Hochwasserereignissen ausführlich dokumentiert werden. Trotz dem wiederholten Auftreten von extrem hohen Geschiebefrachten, konnte nur eine mässige Versandung der Elemente festgestellt werden. Stark verlandet ist die Hakenbuhne, da auf einen strömungserzeugenden Durchlass unter der Buhne hindurch während der

Ausführung verzichtet wurde (dies wäre nur mit einem kompletten Abbruch und Neubau der Buhne möglich gewesen). Hinsichtlich Strömungs- und Breitenvariabilität konnte eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand erreicht werden. Besonders während Niedrigwasser ist die Strukturvielfalt sehr gut erkennbar (Abb. 6). Aber auch bei Schwallabfluss bieten die verschiedenen Elemente ein diverses Strömungsmuster, wodurch die Fläche an strömungsberuhigten Zonen verglichen mit dem Ausgangszustand deutlich angestiegen ist. Im November 2015 erfolgte auf einer Fläche von ca. 0.1 ha bzw. auf einer Länge von ca. 100 m eine quantitative Elektrofischung entlang der Aufwertungen. Es wurden total 86 Bachforellen gefangen, davon 60 % Jungfische (0+ und 1+). Die Gesamtfischdichte sowie die 0+-Dichte (rund 55%) können für alpine Verhältnisse als gut eingestuft werden.

Allerdings ist es schwierig abzuschätzen, welche Auswirkungen der im Sommer 2015 erfolgte Murgang sowie die Räterichsbodenseentleerung 2014/15 auf den Fischbestand hatten. Weitere Kontrollbefischungen in den Folgejahren werden diesbezüglich mehr Aufschluss geben. Grundsätzlich kann aus den Erhebungen und Bege-

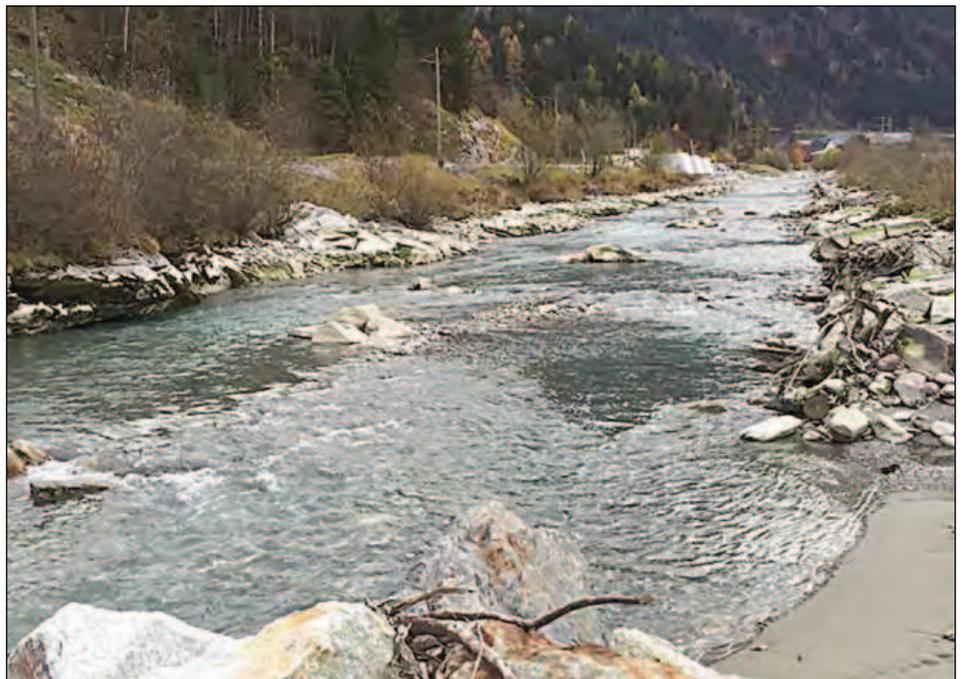


Abbildung 6: Ausschnitt der Musterstrecke bei Niedrigwasser.  
Fig. 6: Extrait du tronçon expérimental en période d'étiage.

hungen aber geschlossen werden, dass die Jungfische die Aufwertungen gut annehmen. Die Ergebnisse dieser ersten Erfolgskontrolle können sowohl aus gewässerökologischer als auch aus der Perspektive des Hochwasserschutzes deshalb gesamthaft als durchaus positiv und vielversprechend beurteilt werden.

## 6. Fazit

Grundsätzlich hat sich gezeigt, dass einige der etablierten Aufwertungsmassnahmen bei sorgfältiger Vorplanung auch an sehr dynamischen Gewässern eingesetzt werden können und sich somit auch hier Bemühungen um die verbesserte Strukturierung des Gewässers und der Schaffung von Lebensräumen lohnen. Die Planungsphase hat aber gezeigt, dass bei der Umsetzung auch die hydraulischen Belastungen, die konstruktive Ausbildung und die Kosten beachtet werden müssen.

## 7. Ausblick

Im Zuge der Umsetzung des Gewässerrichtplans Hasliaare sind unterhalb von Innertkirchen zwischen Meiringen und Brienz insgesamt vier Musterstrecken vorgesehen, um Erkenntnisse für die wasserbautechnische und ökologische Umsetzung zu gewinnen. An der Fachhochschule Rapperswil wird momentan im Auftrag der Schwellenkorporation Meiringen und der finanziellen Unterstützung des Renaturierungsfonds des Kantons Bern in einem hydraulischen Versuch die Anwendung der Resultate des Projekts OptiFlux an einer ersten umfassenden Teststrecke in Meiringen

(Balm-ARA) untersucht. Dabei sollen die Elemente der verschiedenen Habitatsdimensionen – Lenkbuhnen, Flachufer (Makroskala) und Ökomöblierung (Mesoskala) – an die örtlichen Gegebenheiten optimal angepasst werden. Die Musterstrecke soll nach Vorliegen der Ergebnisse zügig bewilligt und realisiert werden.

Weiter werden analog der Musterstrecke KWO, wo möglich, OptiFlux-Elemente in laufende Wasserbauprojekte im Berner Oberland integriert und weitere Bauweisen und Techniken getestet. Gemäss den Auftragszielen des Projekts OptiFlux sollen die Massnahmen jedoch nur dort zur Anwendung kommen, wo dies eine wenig oder unveränderbare, statische Gerinnemorphologie und ein allenfalls namhafter Geschiebetrieb kombiniert mit kleinem Gefälle erforderlich macht, ansonsten gelten die allgemeinen Ziele eines zeitgemässen Wasserbaus und der Gewässerrevitalisierung.

## 8. Literaturverzeichnis

- Bettler M., Herzog B. (2015): Fliessgewässer im alpinen Raum: Möglichkeiten und Grenzen der Ingenieurbiologie. Ingenieurbiologie 2015.
- Patt, H. & Gonsowski, P. Wasserbau; Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerken und Anlagen (7. Aufl.). Springer, Wien
- Schweizer, S., Neuner J. und Heuberger N. (2009). Bewertung von Schwall/Sunk – Herleitung eines ökologisch abgestützten Bewertungskon-

zepts. In «Wasser Energie Luft» 2009 (3): 194–202.

Schweizer, S. et al. (2013). Schwall/Sunk-Sanierung in der Hasliaare; Phase 1a: Gewässerökologische Bestandsaufnahme. In «Wasser Energie Luft» 2013 (3): 191–199.

Schweizer S., Schmidlin S., Bieri M., Büsser P., Meyer M., Money J., Schläppi S., Schneider M., Tonolla D., Tuhtan J. und Wächter K. (2016): Die erste Schwallsanierung der Schweiz: Die Hasliaare als Fallbeispiel. WasserWirtschaft 1: 10–15.

Speerli, J. & Schneider, L. (2013). Modellversuche OptiFlux – Strukturverbesserungen in Talflüssen. Zwischen- und Schlussbericht. [www.be.ch/fischerei/publikationen](http://www.be.ch/fischerei/publikationen).

## Kontakt

Steffen Schweizer, Kraftwerke Oberhasli AG, E-Mail: [sste@kwo.ch](mailto:sste@kwo.ch)

Martin Bettler, Herzog Ingenieure AG  
E-Mail: [bettler@herzog-ingenieure.ch](mailto:bettler@herzog-ingenieure.ch)

Beatrice Herzog, Herzog Ingenieure AG  
E-Mail: [herzog@herzog-ingenieure.ch](mailto:herzog@herzog-ingenieure.ch)

Willy Müller, Fischereiinspektorat des Kantons Bern,  
E-Mail: [willy.mueller@vol.be.ch](mailto:willy.mueller@vol.be.ch)