



© H&S

„Monitoring Plus“ – Was können wir aus der Schwallanierung der Hasliaare lernen?

Zur Verminderung der Schwall-Sunk-Effekte in der Hasliaare erstellten die Kraftwerke Oberhasli AG zwischen 2014 und 2017 ein Ausgleichsbecken und einen Ausgleichsstollen mit einem Puffervolumen von insgesamt 80 000 m³. Im Rahmen der Wirkungskontrolle sollen neben der Überprüfung der Zielerreichung der Maßnahme auch möglichst viele Erfahrungswerte für die Sanierung von anderen Schwallstrecken gewonnen werden. Hierfür soll unter anderem das Strandrungsrisiko von Forellen beim Zurückfahren der Turbinen genauer untersucht werden. Dabei liegt der Fokus zum einen auf der Emergenz von Forellenlarven aus dem Kieslückensystem. Zum anderen sollen die ökologischen Vorgaben der schweizerischen Vollzugshilfe „Schwall-Sunk – Massnahmen“ für die Beurteilung des Strandrungsrisikos von natürlich aufgewachsenen juvenilen Forellen unter realen Bedingungen getestet werden.

Steffen Schweizer, Matthias Meyer, Rafael Greter, Sandro Schläppi, Jan Baumgartner, Benjamin Berger, Lucie Lundsgaard-Hansen, Peter Büsser und Martin Flück

1 Ausgangslage

Schwall/Sunk

Speicherkraftwerke zeichnen sich dadurch aus, dass sie zufließendes Wasser in einem Stausee speichern und je nach

Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt zur Stromproduktion verwenden können. Dies führt im Vorfluter in der Regel zu häufig auftretenden, kurzfristigen Abflussschwankungen (Schwall/Sunk). Für die aquatischen Organismen kann dieses künstliche Abflußregime weitreichende Folgen haben [1]



Bild 1: Sanierungspflichtige Anlagen, die eine wesentliche Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk verursachen

Situation in der Schweiz

Mit der 2011 in Kraft getretenen Revision des Schweizerischen Gewässerschutzgesetzes (GSchG) sollen die wesentlichen Beeinträchtigungen, die durch das künstliche Abflussregime verursacht werden, mit verhältnismäßigem Aufwand behoben werden. Dafür sind in erster Linie bauliche Maßnahmen (z. B. Direktableitung des turbinierten Wassers in ein größeres Gewässer oder Speichervolumina zur Dämpfung der Abflussschwankungen bei der Wasserrückgabe) vorgesehen. Auf Antrag eines Kraftwerksbetreibers können aber auch betriebliche Maßnahmen (Einhaltung von definierten Grenzwerten (Änderungsraten und/oder absolute Abflusswerte) bei der Wasserrückgabe) oder eine Kombination aus baulichen und betrieblichen Maßnahmen umgesetzt werden. Die Kosten für die Sanierungsmaßnahmen werden vom Stromkonsumenten durch eine Abgabe von 0,1 Rappen pro bezogener kWh getragen. Mit der Umsetzung der Maßnahmen muss bis 2030 begonnen werden.

In einer ersten Phase wurden bis 2014 alle Kraftwerksanlagen, die in einem Gewässerabschnitt eine wesentliche Beeinträchtigung durch künstliche Abflussschwankungen verursachen, auf Kantonsebene als sanierungspflichtig ausgeschieden. Basis dafür war die Vollzugshilfe „Schwall-Sunk - Strategische Planung“ [2]. Für die sanierungspflichtigen Anlagen muss nun im Rahmen eines Variantenstudiums die geeignetste Sanierungsmaßnahme (unter Berücksichtigung der ökologischen Zielvorgaben, des finanziellen Aufwands, der Interessen des Hochwasserschutzes sowie der energiepolitischen Ziele) bestimmt werden. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat für

Kompakt

- Bis 2030 müssen in der Schweiz wesentliche Beeinträchtigungen, die durch Schwall/Sunk verursacht werden, beseitigt werden.
- Seit 2017 sind die Sanierungsmaßnahmen an der Hasliaare umgesetzt.
- Im Rahmen der Wirkungskontrolle werden verschiedene gewässerökologische Fragestellungen detailliert untersucht.

diese zweite Phase ebenfalls eine Vollzugshilfe („Schwall-Sunk – Massnahmen“) [3] veröffentlicht. Nach der Umsetzung einer Maßnahme muss eine Wirkungskontrolle durchgeführt werden.

Kurzbeschreibung Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Mit dem zufließenden Wasser aus dem Grimsel- und Sustengebiet (Berner Oberland) produzieren die KWO jährlich rund 2 500 GWh/a. Die Wasserentnahme erfolgt an insgesamt 27 Wasserfassungen, wobei ausschließlich im Aaretal (Grimsel) größere Stauseen eine saisonale Speicherung des zufließenden Wassers erlauben und somit zur Deckung des schwankenden Spitzenstrombedarfs ganzjährig eingesetzt werden können. Die Wasserrückgabe des auf mehreren Kraftwerkstufen genutzten Wassers in die Hasliaare erfolgt bei den Zentralen Innertkirchen 1 und 2. Im Rahmen des Investitionsprogramms KWO plus haben die KWO u. a. das Kraftwerk Innertkirchen 1 mit einer zusätzlichen Turbine (Maximaldurchfluss 25 m³/s) erweitert. Damit beträgt die maximal mögliche Wasserrückgabe in Innertkirchen heute 95 m³/s.

Ohne Gegenmaßnahmen hätte diese Kraftwerkserweiterung zu einer Verschärfung der künstlichen Abflussschwankungen in der Hasliaare geführt. Daher wurden bereits im Vorfeld der Projektrealisierung, und somit mehrere Jahre vor der Revision des GSchG im Jahr 2011, zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen durchgeführt [4], [5] sowie die Wirkung möglicher Dämpfungsmaßnahmen im Rahmen eines Variantenstudiums analysiert [6], [7]. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachspezialisten, Amtsvertretern und Umweltorganisationen wurde als geeignetste Maßnahme die Erstellung eines Speichervolumens (80 000 m³) zwischen Kraftwerksausfluss und Einleitung in die Hasliaare bestimmt. Aufgrund des beschränkten Platzangebots in Innertkirchen befinden sich rund 75 % des Speichervolumens unterirdisch im Berg und lediglich 25 % oberirdisch als Beruhigungsbecken in Innertkirchen. Die technische Umsetzung nahm rund vier Jahre in Anspruch, bis die vollständige Inbetriebnahme im Jahr 2017 erfolgen konnte. Das neu geschaffene Speichervolumen erlaubt eine deutliche Dämpfung der Änderungsraten des Abflusses (Schwall- bzw. Sunkraten) und erhöht somit die Reaktionszeit für aquatische Organismen, um sich besser auf die täglich auftretenden Abflussänderungen einzustellen. Mit der Inbetriebnahme wurde ein intensives Monitoringprogramm gestartet. Neben der eigentlichen Wirkungskontrolle („Monitoring Basis“) werden darüber hinausgehende, allgemein interessierende Aspekte im Rahmen des „Monitoring Plus“ behandelt (Kap. 4).

2 Aktueller Stand

Schweizweit wurden rund 100 Kraftwerksanlagen, die eine wesentliche Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk verursachen, als sanierungspflichtig ausgeschieden (**Bild 1**).

Wie die bisherige Praxis zeigt, erlaubt die neue Vollzugshilfe [3] für eine bestimmte Sanierungsvariante wichtige ökologische Prozesse vorherzusagen. Berücksichtigt werden dabei die in **Tabelle 1** aufgeführten ökologischen Prozesse, resp. die zent-

Tabelle 1: Häufig durch Schwall/Sunk verursachte Beeinträchtigungen sowie die dafür verantwortlichen Schwall-Sunk-Phasen (Quelle: Schweizer)

Beeinträchtigung	Auslösende Schwall-Sunk-Phase(n)	Bestehende Unsicherheiten (nicht abschließend)
Stranden von Fischen	Durch Sunkrate und den Bereichen der Flusssohle, die bei Sunk trockenfallen	Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Versuchsrinnen (z. B. künstlich erbrütete Fische) auf tatsächliche Schwallstrecken (z. B. Wildfisch) und Emergenzzeitpunkt von Bach- und Seeforellen
Verdriftung von Wasserwirbellosen	Schwallanstiegsrate und/oder maximaler Schwallabfluss	Zusammenspiel von hydraulischen Parametern, Morphologie und gewässerspezifische (Ziel-) Artenzusammensetzung, saisonale Unterschiede in der Verdriftung
Verlust an geeigneten Lebensräumen für aquatische Organismen	Minimaler Sunk- und maximaler Schwallabfluss	Möglichkeit von Standort und/oder Habitatwechsel, Toleranz gegenüber suboptimalen Habitatbedingungen
Veränderung der Wassertemperatur mit möglichen Auswirkungen auf den Stoffwechsel und auf das Verhalten von aquatischen Organismen	Schwall- und Sunkrate	Konkrete Auswirkungen auf Stoffwechsel und Verhalten

ralen Beeinträchtigungen, die durch Schwall/Sunk verursacht werden.

Die in Tabelle 1 exemplarisch aufgeführten Unsicherheiten bei den biologischen Prozessen in einem Gewässer sind bei der Maßnahmenplanung mit zu berücksichtigen. Da diese bestehenden Unsicherheiten einen relativ großen Einfluss auf die Dimensionierung einer Maßnahme haben können, ist es wichtig, aus bereits umgesetzten Maßnahmen möglichst viel Wissen zu gewinnen. Daher hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) entschieden, an der Hasliaare ein vertieftes Monitoringprogramm („Monitoring Plus“), das über eine gewöhnliche Wirkungskontrolle hinausgeht, zu starten.

3 Verhältnismäßigkeit – wie bestimmen?

In vielen Sanierungsfällen wird mit relativ hohen Kosten zu rechnen sein. Zudem ist eine nachträgliche Erweiterung oder

Verkleinerung eines bestehenden Speichers in der Regel nicht möglich oder nur mit unverhältnismäßig hohen Zusatzaufwänden verbunden. Deshalb empfiehlt es sich, dass für das Variantenstudium fundierte Grundlagen zur Verfügung stehen. Um für eine bestimmte Sanierungsvariante die Frage nach der Verhältnismäßigkeit zu beantworten, bedarf es einerseits eine möglichst genaue Kostenschätzung. Andererseits müssen die finanziellen Aufwendungen den zu erwartenden ökologischen Aufwertungen gegenübergestellt werden. Dafür sollten neben den hydrologischen Verbesserungen auch der aktuelle ökologische Zustand sowie das ökologische Aufwertungspotenzial des Schwallabschnitts miteinbezogen werden. Als mögliche Beurteilungsparameter könnten beispielsweise die Länge des zu sanierenden Abschnitts, die Größe/Länge des Gewässers, das Vorkommen von bedrohten Arten (z. B. Seeforellen, Nase) und Lebensräumen (z. B. größere Auen), die ökologische Vernetzung (Wiederbesiedlungspotenzial) und/oder die aktuelle bzw. künftige Flussmorphologie berücksichtigt werden.

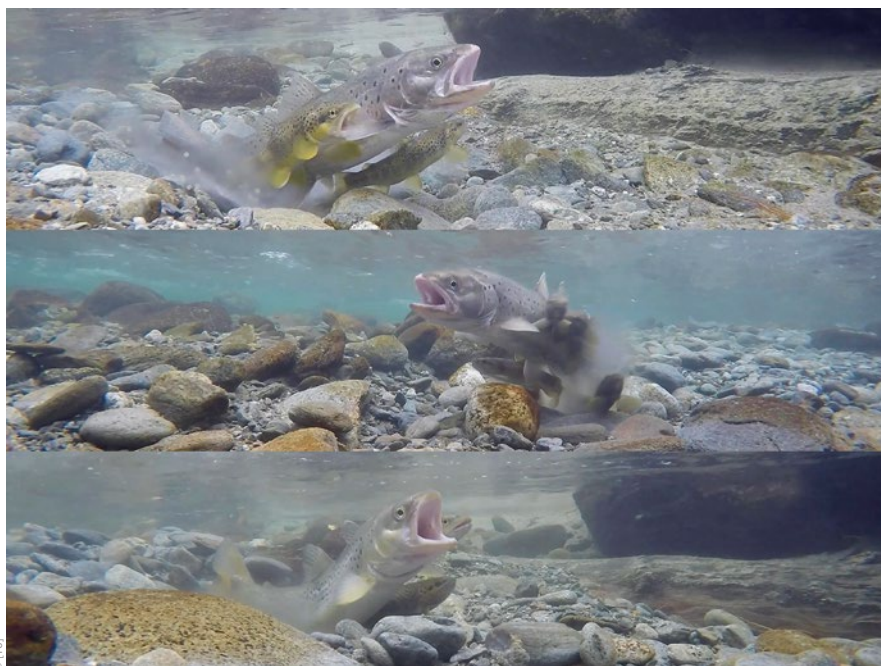


Bild 2: Aufnahmen der Eiablagen auf dem letzten Laichplatz in der Hasliaare vom 18.11. (oben), 19.11. (Mitte) und 25.11.2017 (unten), zweimal konnte ein ca. 60 cm sowie ein ca. 45 cm großer Seeforellenrogner bei der Verlaichung nachgewiesen werden



Bild 3: Die installierten Emergenzboxen: links der früheste und rechts der späteste Laichplatz in der Hasliaare

4 Offene Fragen – „Monitoring Plus“

Im Rahmen dieser erweiterten Erfolgskontrolle sollen insbesondere folgende Themen detailliert untersucht werden:

- Versuche zur Bestimmung des Emergenzzeitpunkts der Atlantischen Forellen (*Salmo trutta*) (Lebensformen: Bach- und Seeforelle) (Kap. 4.1)
- Versuche zur Beurteilung des Strandungsrisikos von wilden, juvenilen Forellen unter realen Bedingungen (Kap. 4.2)
- Versuche zur saisonalen Verdriftung von Wirbellosen (Kap. 4.3)

Das Untersuchungsprogramm „Monitoring plus“ wird von einer Gruppe aus Fachpersonen begleitet. Die Begleitgruppe setzt sich aus Vertretern des BAFU, kantonaler Ämter (Fischereinspektorat und Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern), des Wasserforschungsinstituts der ETH Zürich (Eawag) sowie aus fisch- und gewässerökologischen Experten (private Umweltbüros) zusammen.

4.1 Emergenzversuche

In der Wissenschaft gibt es umfangreiche Arbeiten zur Bestimmung des Schlupfzeitpunkts von Forellenlarven in Abhängigkeit von den Tagesgraden [8]. Nachdem die Fischlarven aus ihren Eiern geschlüpft sind, verbleiben sie noch im Kieslückensystem der Gewässersohle und ernähren sich von ihrem Dottersack. Einige Wochen nach dem Schlupf emergieren sie aus dem Kieslückensystem und besiedeln ein geeignetes Habitat im umliegenden Fließgewässer. Obwohl die atlantische Forelle grundsätzlich zu den sehr gut untersuchten Fischarten gehört, gibt es sehr wenige wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit diesem wichtigen Entwicklungsschritt unter natürlichen Bedingungen befassen [8].

Bei zurückgehendem Abfluss ist das Strandungsrisiko für Fischlarven deutlich grösser als bei größeren Forellen [9]. Diese ökologischen Anforderungen müssen bei einer Beurteilung einer Schwalldämpfungsmaßnahme (bei Vorkommen von Forellen aber auch von Äschen) zwingend berücksichtigt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Fischlarven

häufig in Ufernähe aufhalten, welche beim Abflussrückgang als erstes trockenfällt.

Aus gewässer- und fischökologischer Sicht im Allgemeinen und im Rahmen von Schwallanierungen im Besonderen (sobald sich die kleinen Fischlarven im Gewässer befinden, muss ein Augenmerk auf diese gelegt werden, da die juvenilen Forellen sehr leicht stranden können), sind dabei u. a. folgende Fragestellungen von großem Interesse:

- I) Wie groß ist die Zeitspanne / Anzahl Tagesgrade zwischen Verlaichung und Emergenz der Forellen aus der Flusssohle, resp. ab wann sind Fischlarven im Gewässer anzutreffen?
- II) Welche zeitliche Variabilität tritt bei der Fragestellung I auf (hinsichtlich Verlaichungszeitpunkt und hinsichtlich Emergenzzeitpunkt)?
- III) In welcher Verfassung emergieren die Fischlarven (Fischlänge, Größe Dottersack, Schwimmfähigkeit, Aussehen)?
- IV) Wie sieht die zeitliche Verteilung der Anzahl an emergierten Fischlarven aus?
- V) Wie viele Fischlarven emergieren pro Laichgrube?
- VI) Können weitere Faktoren, die eine Emergenz beeinflussen, beobachtet werden?

Für die Beurteilung von Maßnahmen zur Dämpfung von künstlichen Abflussschwankungen kommt insbesondere den ersten vier Fragestellungen eine große Bedeutung zu.

Als erster Schritt zur Klärung der o. g. Fragestellungen wurden in der Laichzeit 2017 die ersten und die letzten erstellten Laichgruben im definierten Untersuchungsperimeter in der Hasliaare bestimmt. Um sicherzustellen, dass auf dem Laichplatz auch mindestens eine Eiablage stattgefunden hat, wurde diese dokumentiert (**Bild 2**) [10]. An beiden Standorten wurde ein Temperaturlogger installiert und ab Februar 2018 wurde ein Metallkäfig mit Massen von 1 m x 1 m auf die jeweilige Laichgrube gestellt (**Bild 3**). Der Käfig besteht aus vier zusammenschraubbaren Lochblechelementen. Diese Lochblechelemente erlauben einerseits eine natürliche Durchströmung der Laichgrube innerhalb des Käfigs. Andererseits können Fischlarven, die innerhalb des Metallkäfigs aus der Sohle emergieren, die Metallkonstruktion nicht verlassen. Ab Februar wurden die

Tabelle 2: Erste Resultate zu Fragestellungen im Zusammenhang mit der Emergenz von Forellenlarven aus der Flusssohle (Quelle: [8])

Nr.	Fragestellung	Resultate
I	Zeitpunkt der Laichung	Frühster Laichplatz: 27.10.18 Spätester Laichplatz: 18./19./25.11.18
I	Zeitspanne bzw. Tagesgrade [°d] zwischen Verlaichung und erster Emergenz	Frühster Laichplatz: 713°d (137 Tage, 13.03.18) Spätester Laichplatz: 565°d (115 Tage, 13.03.18)
I	Länge Emergenzperiode	Frühster Laichplatz: 33 Tage Spätester Laichplatz: 61 Tage
II	Zeitliche Variabilität	Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen
III	Größe der Fischlarven	Frühster Laichplatz: 25-32 mm Spätester Laichplatz: 21-30 mm
III	Verfassung der emergierten Fischlarven	Dottersack: 87% ohne Dottersack, 9% mit einem kleinen und 4% mit einem großen Dottersack. Schwimmfähigkeit (Beobachtung): i. d. R. nimmt die Schwimmfähigkeit mit der Größe des Fisches zu. Fische ohne Dottersack waren i. d. R. deutlich schwimmstärker als Fische mit großem Dottersack.
IV	Zeitliche Verteilung an emergierten Fischlarven	Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen
V	Anzahl an emergierten Fischlarven je Laichplatz	Frühster Laichplatz: 392 Stk. Spätester Laichplatz: 1 162 Stk.
VI	Faktoren die die Emergenz beeinflussen	Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen

Metallkäfige mindestens einmal am Tag auf frisch emergierte Fischlarven kontrolliert. Beobachtete Fischlarven wurden mit dem Kescher gefangen, vermessen und für spätere Auswertungen fotografiert.

Aktuell werden die erhobenen Daten statistisch ausgewertet und anschließend gemeinsam mit den Fachexperten der Begleitgruppe interpretiert. Allererste Resultate zu den o. g. Fragestellungen finden sich in **Tabelle 2**.

4.2 Stranden von Fischen

Wenn infolge einer Reduktion der turbinierten Wassermenge der Abfluss im Vorfluter abnimmt, können vorher benetzte Flächen trockenfallen (diese Flächen werden als Wasserwechselzonen bezeichnet). Dabei besteht das Risiko, dass aquatische Organismen, insbesondere Fischlarven, stranden. Zum besse-

ren Verständnis dieser negativen ökologischen Auswirkungen wurden von der BOKU Wien in Versuchsriechen in Lunz Strandungsversuche mit Fischlarven aus einer Brutanstalt durchgeführt [9]. Auf Basis dieser Untersuchungen wurde der Indikator „Stranden von Fischen“ für die Vollzugshilfe „Schwall-Sunk - Maßnahmen“ [3] entwickelt. Die Bewertung dieses Indikators hängt sowohl von der Pegelrückgangsrate als auch von der Wasserwechselzone ab. Zudem werden für die verschiedenen Altersstadien von Bachforellen unterschiedliche Vorgaben zum Erreichen einer bestimmten Bewertungsklasse verwendet. Für das Erreichen eines guten Zustands müssen die Pegelrückgangsraten kleiner als der Grenzwert von -3 mm/min ausfallen. Diese relativ strengen Vorgaben führen dazu, dass bei der Dimensionierung einer Maßnahme (z. B. Ausgleichsbecken zur gedämpften Abgabe des turbinierten Wassers) häufig dieser Indikator



Bild 4: Metallkonstruktion für die Versuche zum Stranden von Fischen auf einer Kiesbank in der Kiesbankstrecke bei Meiringen

Tabelle 3: Übersicht zum Aufbau und -ablauf der Strandungsversuche (Quelle: Schweizer)

Parameter	Messtechnik / Bedingung
Wassertiefe	Pegel und Drucksonde
Wassertemperatur	Messsonde
Trübung	Messsonde bzw. Probenahme
pH	pH-Messband
Strömungsmuster und Fließgeschwindigkeiten	Visuelle Beurteilung mit Zugabe von Rote-Beete-Saft, Messungen der Fließgeschwindigkeit mit Messflügel an ausgewählten Punkten, Kameraaufnahmen für PTV-Auswertung (Particle Tracking Velocimetry)
Topographie der Versuchsfläche	Kameraaufnahmen → 3-D-Modell
Korngrößenverteilung der Versuchsfläche	Kameraaufnahmen → 3-D-Modell
Wasserwechselzone	Kameraaufnahmen
Fischfallen	Kameraaufnahmen → 3-D-Modell
Pegelrückgangsraten	0,2 bis 0,5 cm/min
Anzahl Fischlarven pro Versuch	50 Wildfische (entsprechend den Resultaten aus den Emergenzversuchen)
Dauer Akklimatisationszeit für die Fische	60 Minuten
Erhebung der Verdriftung von Fischlarven	Einbau Schwelle bei Versuchsaufbau

maßgebend ist. Da bei der Herleitung der Bewertungsklassen dieses Indikators vor allem die Versuchsergebnisse von Lunz verwendet wurden, drängt sich die Frage auf, ob vergleichbare Ergebnisse und Vorgaben bei Versuchen mit Wildfischen unter realen Bedingungen resultieren.

Mit der Realisierung des Beruhigungsbeckens in Innertkirchen ist die KWO in der Lage, verschiedene Pegelrückgangsraten in vorher definierten Abflussbereichen zu erzeugen. Das BAFU beauftragte die Fachstelle Ökologie der KWO daher mit dem Auftrag, entsprechende Strandungsversuche in der Schwallstrecke durchzuführen. Als Versuchsstandort wurde die Kiesbankstrecke in Meiringen ausgewählt (**Bild 4**).

Um das Stranden von Fischlarven objektiv und quantitativ messen zu können, wurde die Versuchsfläche auf ein Ausmaß von 4 m x 6 m dimensioniert. Neben den Aspekten der Durchführung waren auch die Versuchsanordnungen in Lunz [9] für die Dimensionierung maßgebend. Als Versuchsgefäß wurde auf die gleiche Metallkonstruktion wie bei den Untersuchungen zum Emergenzzeitpunkt zurückgegriffen. Allerdings wurden die Ausmaße des Metallkäfigs entsprechend vergrößert (**Bild 4**).

Im Rahmen der Begleitgruppe wurde der Versuchsaufbau und -ablauf gemeinsam detailliert besprochen (**Tabelle 3**).

Am 22. und 23. Mai 2017 wurden die Strandungsversuche wie geplant durchgeführt. Bei den insgesamt vier durchgeführten

Versuchsdurchgängen lag die Wiederfindrate der Fischlarven zwischen 86 % und 96 %. Verglichen mit anderen Strandungsversuchen konnte somit eine sehr hohe Wiederfindrate erreicht werden. Die verwendeten Wildfischlarven hatten eine Länge von 24 mm bis 43 mm (**Bild 5**). Aktuell werden die bei den Versuchen erhobenen Daten ausgewertet.

4.3 Saisonale Verdriftung von Wirbellosen

Neben fischökologischen Themen werden zudem die Auswirkungen von Schwall/Sunk auf die Wirbellosen genauer untersucht. Neben einer neu entwickelten Probenahmetechnik für die Erhebung der Population an Wirbellosen (mit mehreren Teilproben in der Wasserwechselzone und im dauerbenetzten Bereich) wird auch die Verdriftung von Wasserwirbellosen während eines Schwalledurchgangs genauer untersucht. Bereits im März und April 2008 wurden Driftversuche an der Hasliaare durchgeführt [4]. Dabei zeigte sich, dass vor allem die Schwallrate im Abflussbereich von 20 m³/s und 40 m³/s die Verdriftung entscheidend beeinflusst. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass bei Abflüssen unterhalb von 20 m³/s die hydraulischen Kräfte für ein Abschwemmen der Tiere nicht ausreichen. Bis zum Abflussanstieg von 40 m³/s dürften der Großteil der Tiere, die sich nicht rechtzeitig in der Sohle in Sicherheit gebracht haben, bereits abgedriftet sein. Dieser Effekt konnte im kanalisiertem Abschnitt und im Abschnitt mit Kiesbänken beobachtet werden.

Anhand von Driftversuchen können zum einen die ökologischen Auswirkungen eines üblichen Schwalledurchgangs (Ist-Zustand) ermittelt werden. Zum anderen können die Schwallraten bei solchen Versuchen auch variiert werden, um die positiven Auswirkungen von einem verzögerten Abflussanstieg zu ermitteln. Damit lassen sich ökologische Vorgaben definieren, die als Grundlage für die Dimensionierung einer Sanierungsmaßnahme verwendet werden können.

In der Regel werden Driftversuche im Spätwinter bzw. frühen Frühling durchgeführt, da zu dieser Zeit der Großteil der Wirbellosen noch im Gewässer und deren Entwicklung relativ weit



Bild 5: Größenbereich der verwendeten Forellenlarven, kleinste Larve 24 mm, durchschnittliche Larve 32 mm und größte Larve 43 mm

fortgeschritten ist. Von Fachpersonen wird davon ausgegangen, dass in dieser Zeitspanne die Anfälligkeit für Verdriftung am höchsten ist. Begründet wird diese Annahme mit der Größe der Wirbellosen (je grösser ein Tier ist, umso grösser sind die hydraulischen Kräfte, die auf das Lebewesen wirken und zu einer Verdriftung führen können). Bisher fehlt allerdings der Nachweis für diese Hypothese. Zudem ist nicht bekannt, ob saisonale Unterschiede bei der Verdriftung auftreten und ob bei unterschiedlichen Jahreszeiten verschiedene Parameter für die Verdriftung verantwortlich sind. Um diesen Fragestellungen nachzugehen, werden in den vier Jahreszeiten im Jahr 2019 Driftversuche an der Hasliaare durchgeführt.

5 Fazit

Es ist offensichtlich, dass für eine fristgerechte Umsetzung der Schwallsanierung die Zeit drängt. Auch werden bei den konkreten Umsetzungen immer gewisse Unsicherheiten (insbesondere, wie die aquatischen Organismen auf eine Maßnahme reagieren) zu berücksichtigen sein. Trotzdem sollte im Sinne des Gesetzgebers und selbstredend im Sinne der aquatischen Organismen die Umsetzung zügig erfolgen. Zentral ist dabei, dass aus bereits umgesetzten Maßnahmen möglichst viel Erfahrung und zusätzliches Wissen gewonnen werden kann. Von diesem Know-how können anschließend spätere Projekte profitieren.

Autoren

Dr. Steffen Schweizer
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Meyer
Sandro Schläppi, M. Sc.
Jan Baumgartner, M. Sc.
Benjamin Berger, M. Sc.
Rafael Greter, B. Sc.
 Kraftwerke Oberhasli AG
 Grimselstr. 19
 3862 Innertkirchen, Schweiz
 steffen.schweizer@kwo.ch
 matthias.meyer@kwo.ch
 sandro.schlaeppi@kwo.ch
 jan.baumgartner@kwo.ch
 benjamin.berger@kwo.ch
 rafael.greter@kwo.ch

Steffen Schweizer, Matthias Meyer, Rafael Greter, Sandro Schläppi, Jan Baumgartner, Benjamin Berger, Lucie Lundsgaard-Hansen, Peter Büsler and Martin Flück

„Monitoring plus“ - What can we learn from the mitigation of hydropeaking in the Hasliaare?

In 2017 the Kraftwerke Oberhasli AG finished creating a buffer volume to eliminate effects of hydropeaking in the Hasliaare. A monitoring program ought to deliver as much experience values as possible for restorations on other rivers altered by hydropeaking. For one thing the focus is on the emergence of trout fry out of the interstitial gravel spaces. Secondly, the ecological guidelines to evaluate the risk of stranding of wild, juvenile trouts, as described in the Swiss implementation guide „Schwall-Sunk - Massnahmen“, are tested under realistic conditions.

Lucie Lundsgaard-Hansen, M. Sc.
 Bundesamt für Umwelt BAFU
 Abteilung Wasser
 3003 Bern, Schweiz
 lucie.lundsgaard-hansen@bafu.admin.ch

Dr. phil. nat. Peter Büsler
 Elfenuweg 31
 3006 Bern, Schweiz
 pbuesser@gmail.com

Martin Flück
 Fischereinspektorat des Kantons Bern
 Schwand 17
 3110 Münsingen, Schweiz
 martin.flueck@vol.be.ch

Literatur

- [1] Bruder, A.; Schweizer, S.; Vollenweider, S.; Tonolla, D.; Meile, T.: Schwall und Sunk: Auswirkungen auf die Gewässerökologie und mögliche Sanierungsmaßnahmen. In: Wasser Energie Luft (2012), Nr. 4, S. 257-264.
- [2] Baumann, P.; Kirchofer, A.; Schälchli, U.: Sanierung Schwall/Sunk – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. In: Umwelt-Vollzug (2012), Nr. 1 203.
- [3] Tonolla, D.; Chaix, O.; Meile, T. et al.: Schwall-Sunk - Massnahmen. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. In: Umwelt-Vollzug (2017), Nr. 1 701.
- [4] Limnex (Hrsg.): Schwall-Sunk in der Hasliaare. Gewässerökologische Untersuchungen von Hasliaare und Lüttschine und Beurteilung der Schwall-Auswirkungen in je zwei Strecken und Szenarien. Bericht im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG, Brugg, 2009.
- [5] Limnex (Hrsg.): Schwall-Sunk-Bewertung der KWO-Zentralen in Innertkirchen. Bericht im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG, Brugg, 2012.
- [6] Schweizer, S.; Neuner, J.; Ursin, M.; Tscholl, H.; Meyer, M.: Ein intelligent gesteuertes Beruhigungsbecken zur Reduktion von künstlichen Pegelschwankungen in der Hasliaare. In: Wasser Energie Luft (2008), Nr. 3, S. 209-215.
- [7] Schweizer, S.; Bieri, M.; Tonolla, D. et al.: Schwall/Sunk-Sanierung in der Hasliaare - Phase 2a: Konstruktion repräsentativer Abflussganglinien für künftige Zustände. In: Wasser Energie Luft (2013), Nr. 4, S. 267-274.
- [8] Meyer, M.; Greter, R.; Schweizer, S. et al.: Untersuchungen zum Emergenzzeitraum von *Salmo trutta* in der Hasliaare in 2018. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Innertkirchen, 2018.
- [9] Auer, S.; Fohler, N.; Zeiringer, B.; Führer, S.; Schmutz, S.: Drift und Stranden von Äschen und Bachforellen während der ersten Lebensstadien (Experimentelle Untersuchungen zur Schwallproblematik). Universität für Bodenkultur, Wien, 2014.
- [10] Meyer, M.: Bachforelle und Seeforelle, zwei Lebensformen von *Salmo trutta* beim Laichen auf der Laichgrube. Video-Dokumentation, Innertkirchen, 2017 (<https://vimeo.com/243466993>; Abruf 01.06.2018).



Schwall – Sunk



Schweizer, St.; et al.: Schwall und Sunk – ein kurzer Überblick. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 6/2015. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. www.springerprofessional.de/link/6109922

Schweizer, St.; et al.: Die erste Schwall-Sanierung der Schweiz: Die Hasliaare als Fallbeispiel. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 1/2016. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016. www.springerprofessional.de/link/7034478