

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 114 (2022)
Heft: 4

Artikel: Das 5-Jahres-Monitoring der Restwassersanierung Oberhasli
Autor: Schweizer, Steffen / Meyer, Matthias / Schläppi, Sandro
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1008199>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 24.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das 5-Jahres-Monitoring der Restwassersanierung Oberhasli

Steffen Schweizer, Matthias Meyer, Sandro Schläppi, Kristof Reuther, Jan Baumgartner, Benjamin Berger, Maurus Meier, Stephanie Schmidlin, Peter Büsser

Zusammenfassung

Seit 2012 wird die Restwassersanierung der Gewässer im Oberhasli umgesetzt. Mit dem 5-Jahres-Monitoring wurden für die Aspekte Fischökologie, Makrozoobenthos und Ökohydraulik mehrheitlich deutliche Verbesserungen nachgewiesen. Insbesondere hat sich die Situation für die aufsteigende Seeforelle im Gadmerwasser verbessert – vor Umsetzung der Restwassersanierung gab es keine Beobachtungen zur Laichaktivität von Seeforellen, nach Umsetzung konnten über 25 Laichtiere eindeutig registriert werden. Auch die ökohydraulischen Untersuchungen zeigen eine deutliche Verbesserung hinsichtlich Zunahme an aquatischem Lebensraum sowie höhere Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen. Davon profitieren Wasserpflanzen und -insekten sowie Bach- und Seeforelle. Grundsätzlich ist eine Pauschalaussage für andere Restwasserstrecken allerdings nicht möglich, hingegen können gewisse Rückschlüsse wie beispielsweise hinsichtlich notwendiger Wassertiefen für die Fischwanderung aus der Restwassersanierung Oberhasli gezogen werden.

Résumé

Depuis 2012, l'assainissement des débits résiduels des cours d'eau de l'Oberhasli est mis en œuvre. Avec le suivi de 5 ans, des améliorations significatives ont été détectées pour la plupart des aspects de l'écologie piscicole, du macrozoobenthos et de l'écoulement hydraulique. La situation s'est notamment améliorée pour la truite lacustre en montaison dans le Gadmerwasser – avant la mise en œuvre de l'assainissement des débits résiduels, il n'y avait pas d'observations sur l'activité de reproduction des truites lacustres; après la mise en œuvre, plus de 25 reproducteurs ont pu être clairement enregistrés. Les études écoulement montrent également une nette amélioration en termes d'augmentation de l'habitat aquatique ainsi que des vitesses d'écoulement et des profondeurs d'eau plus élevées. Les plantes et les insectes aquatiques ainsi que la truite de rivière et la truite lacustre en profitent. Il n'est toutefois pas possible de tirer des conclusions générales pour d'autres tronçons à débit résiduel, mais certaines conclusions peuvent être tirées de l'assainissement des débits résiduels de l'Oberhasli, par exemple en ce qui concerne les profondeurs d'eau nécessaires pour la migration des poissons.

1. Ausgangslage

Im Rahmen eines breit angelegten partizipativen Prozesses (Schweizer et al., 2012a) zum Investitionsprogramm KWO plus (Schweizer et al., 2012b) und zur Rest-

wassersanierung (Schweizer & Zeh Weissmann, 2011) wurden verschiedene Massnahmen zur Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG definiert (Tabelle 1, Bild 1). Dabei wurden für die verschiedenen Restwasserstrecken unterschiedliche ökologi-

sche Zielniveaus definiert und je Fassung die zum Erreichen der Zielvorgaben nötigen Restwasserabgaben hergeleitet.

Die Massnahmen werden seit Ende 2012 umgesetzt, also unter Berücksichtigung der gesetzlichen Fristverlängerung auf 2012 termingerecht. Im Rahmen eines umfangreichen Untersuchungsprogramms (Schweizer et al., 2010) wurde der ökologische Zustand vor der Umsetzung der Restwassersanierung detailliert erhoben. Gemäss Sanierungsverfügung ist ein 5-Jahres-Monitoring durchzuführen.

Massnahme	Dotierung	Ökologisches Zielniveau
RW-Dotierung Räterichsbodensee mit klarem Wasser aus Hangkanal	Entsprechend Zufluss (maximal 250 l/s)	Winter $Q_{\text{Benetzung}}$ Sommer $Q_{\text{Landschaft}}$
RW-Dotierung Handeck	100–300 l/s	$Q_{\text{Landschaft}}$
RW-Dotierung Grubenbach	15 l/s	Q_{Benthos}
RW-Dotierung Mattentalpsee	25–50 l/s	Q_{Benthos}
RW-Dotierung Steinwasser	60 l/s	$Q_{\text{Benthos}}/Q_{\text{Bachforelle}}$
RW-Dotierung Wendenwasser	60 l/s	Q_{Benthos}
RW-Dotierung Führen	150–300 l/s	$Q_{\text{Bachforelle}}$
RW-Dotierung Hopflauenen 1	250 l/s	$Q_{\text{Bachforelle}}$
RW-Dotierung Engstlensee	Zwischen Juni und Oktober 200 l/s	$Q_{\text{Landschaft}}$
RW-Dotierung Engstlenbach	25–100 l/s	$Q_{\text{Bachforelle}}$
RW-Dotierung Leimboden	25–50 l/s	Q_{Benthos}
Fischlift an der Fassung Führen	–	–
Geschiebedotierung Obermad	–	–

Tabelle 1: Massnahmen und ökologische Zielniveaus der Restwassersanierung KWO. RW = Restwasser. 1 = im Rahmen des Ausbauprojekt Tandem wurde die Restwasserabgabe auf 300 l/s erhöht. Weitergehende Details finden sich in Schweizer & Zeh Weissmann (2011).

2. Untersuchungen

Im 2013 sowie zwischen den Jahren 2018 bis 2020 erfolgten zahlreiche Untersuchungen und Auswertungen zu folgenden Aspekten (Bild 2):

- Abflussmessungen unterhalb der Fassungen (Umsetzungskontrolle durch BWU Mathez)
- Ökohydraulische Untersuchungen in den Restwasserstrecken (durch KWO und Sigmaplan AG)



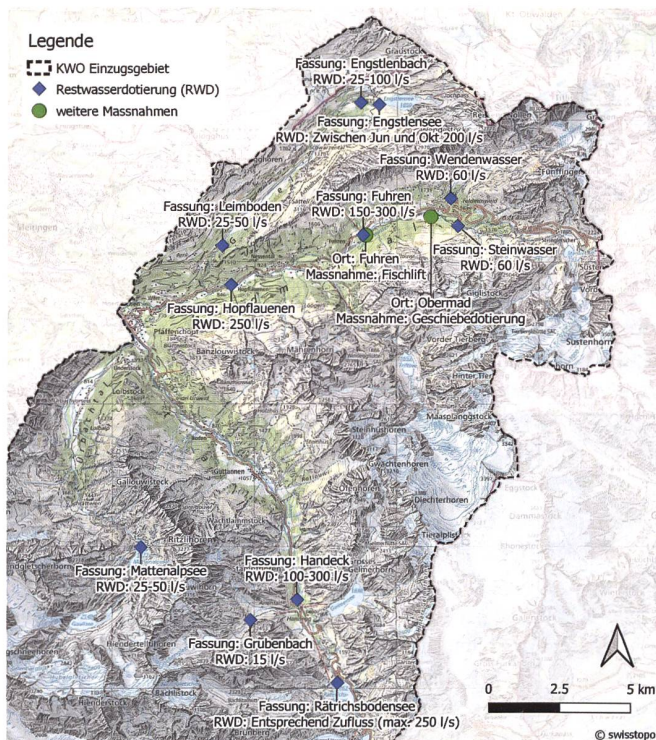


Bild 1: Restwasserdotierungen, Geschiebedotierung und Fischlift im Einzugsgebiet der KWO.

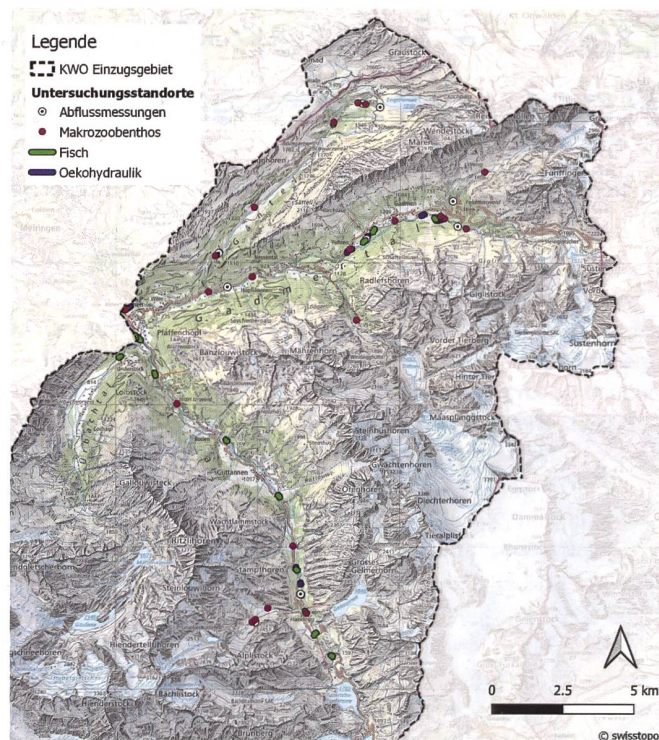


Bild 2: Beprobungsstellen des 5-Jahres-Monitorings der Restwassersanierung.



Bild 3a und 3b: Abflusssituation am Steinwasser (links) und Wendenwasser (rechts).

- Erhebungen des Makrozoobenthos (gemäss Methode IBCH durch Limnex AG)
- Fischökologische Bestandserhebungen mit Elektrofischung, Laichgrubenkartierungen und Kameramonitoring (durch KWO und Peter Büsser)
- Beurteilung von landschaftlichen Aspekten (durch KWO und Sigmaphan AG)

Damit wurden alle für die Restwassersanierung relevanten Umweltaspekte berücksichtigt. Detaillierte Untersuchungen zur Geschiebedotierung Obermad erfolgen über die Geschiebesanierung des Gadmerwassers (Baumgartner et al., 2018).

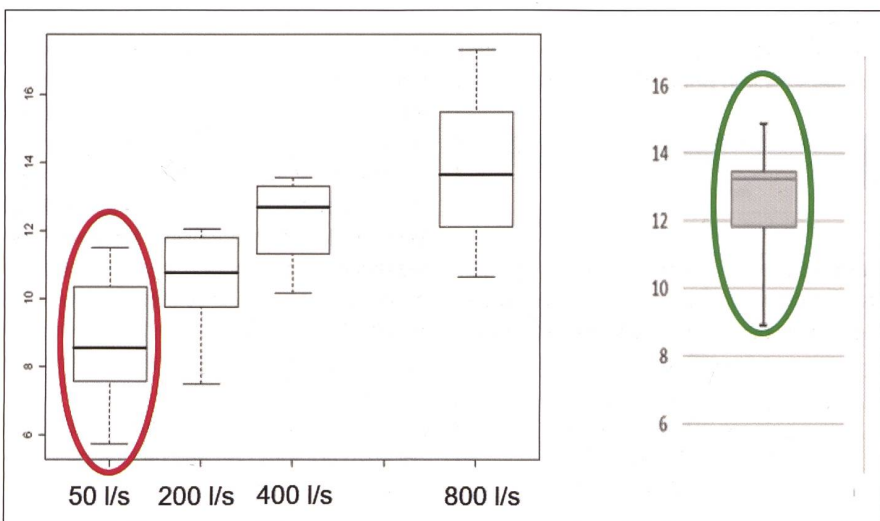


Bild 4: Ergebnisse der Messungen der benetzten Breite (Y-Achsen jeweils in Metern) unterhalb der Fassung Hopflauen (unteres Gadmerwasser). Links sind die Ergebnisse der Dotierversuche 2008 und rechts bei der Überprüfung im Jahr 2018 dargestellt. Die rote Ellipse entspricht der Dotierung vor der Restwassersanierung, die grüne Ellipse nach der Restwassersanierung (inklusive Erhöhung der Dotierung auf 300 l/s im Rahmen des Ausbauprojekts Tandem, vgl. auch Kapitel 3.2.1).

3. Massnahmen und ihre ökologischen Wirkungen

In den folgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten Ergebnisse für die einzelnen Untersuchungsthemen beschrieben.

3.1 Restwasserdotierungen und Ökohydraulik

Die an den elf Fassungen abgegebenen Dotierwassermengen wurden direkt nach der Umsetzung, ein Jahr und fünf Jahre nach der Umsetzung durch das Büro BWU Mathez, gemessen und kontrolliert (BWU Mathez, 2013; BWU Mathez, 2018). Bei der Fassung Handeck wurde für die Winterdotierung eine um 65 l/s erhöhte und eine um 50 l/s zu tiefe Abgabe für die Sommerdotierung gemessen. Im Anschluss an die

Messungen erfolgten eine entsprechende Nachjustierung bei der Einstellung der Restwasserabgabe sowie interne Kontrollmessungen. Auch beim Ausfluss des Engstlensees wurde im Sommer 2018 die vorgeschriebene Restwasserabgabe nicht erreicht. Dies ist allerdings auf den damals sehr tiefen Seestand zurückzuführen, der infolge einer länger anhaltenden Trockenperiode und Versickerungen im Seegrund natürlicherweise auf einem sehr niedrigen Niveau lag. In dieser Zeit fand auch keine Wasserentnahme durch die Seefassung statt. Bei den restlichen Fassungen wurden die vorgegebenen Restwasserabgaben eingehalten oder in mehreren Fällen zum Teil deutlich übertroffen.

Bei den Fassungen Stein und Wenden ist eine ganzjährige Dotierung mit jeweils 60 l/s sowie das Erreichen des Zielniveaus Makrozoobenthos resp. Zielniveau Bachforelle unterhalb des Zusammenflusses der beiden Bäche vorgeschrieben (*Bild 3a und 3b*). Bei den im 2008 durchgeführten Dotierversuchen (*Schweizer et al., 2010; Sigmaphan, 2010*) genügten dafür jeweils 30 l/s. Aufgrund der hohen Geschiebedynamik der beiden Bäche und den damals bereits bekannten Versickerungserscheinungen wurde die abzugebende Restwassermenge sicherheitshalber auf jeweils 60 l/s erhöht. Im Anschluss an ein Hochwasserereignis im Jahr 2013 verlegte das Steinwasser seinen Verlauf fast vollständig. Dies führte zu einer sehr starken Erhöhung der Versickerungen und zur Austrocknung von Gewässerabschnitten des Steinwassers. Daraufhin wurde das Restwasser auf zeitweise bis zu 160 l/s erhöht, womit die o.g. ökologischen Zielniveaus wieder eingehalten werden. Aufgrund einer erhöhten natürlichen Kolmation und sich höher einstellender Grundwasserstände nahm die Versickerungsleistung im neuen Gerinne mit der Zeit ab und die Restwasserabgabe konnte wieder reduziert werden. Mittlerweile wurde ein kamerabasiertes Monitoring für diesen kritischen Abschnitt etabliert, das eine Nachjustierung der Restwasserabgabe in Abhängigkeit der ökologischen Zielniveaus erlaubt.

In *Bild 4* sind die ökohydraulischen Verbesserungen in Abhängigkeit der Restwassermenge für die Gewässerstrecke unterhalb der Fassung Hopflauenen (unteres Gadmerwasser) exemplarisch dargestellt.

In *Tabelle 2* sind die Ergebnisse der ökohydraulischen Untersuchungen für die wichtigsten Restwasserstrecken zusammenfassend dargestellt. Die Einteilung in die Klassen «0», «+» und «++» erfolgte op-

Fassung	Benetzte Breite	Maximale Fließgeschwindigkeit	Wassertiefe
Wenden	++	+	0
Stein	+	++	0
Fuhren	0	++	+
Hopflauenen	++	+	+
Engstlenbach	0	++	+
Leimboden	++	0	0
Handeck	+	++	0

Tabelle 2: ökohydraulische Veränderungen infolge von Restwassererhöhungen für die wichtigsten Restwasserstrecken (- = Verschlechterung, 0 = keine Verbesserung, + = leichte Verbesserung, ++ = grosse Verbesserung, jeweils gegenüber dem Zustand vor der Restwassersanierung).

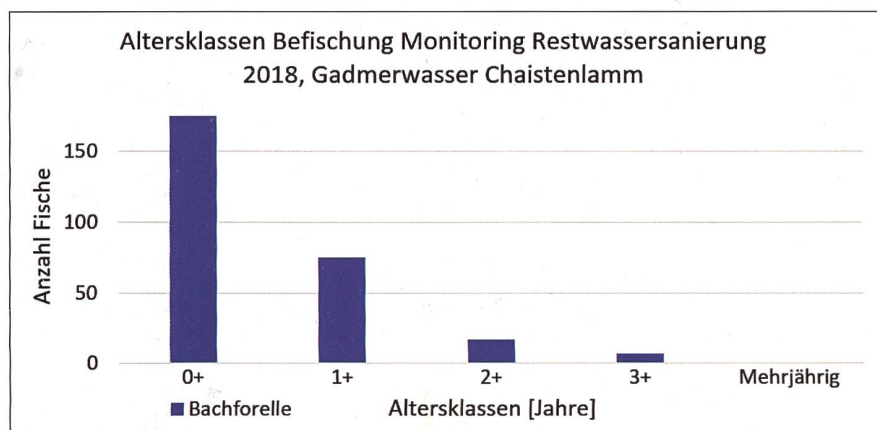


Bild 5: Altersklassen der Bachforelle für den Unterlauf des Gadmerwassers (Chaistenlamm) unterhalb der Fassung Hopflauenen. Befischungslänge 62m.

tisch und orientierte sich an den Boxplott-Diagrammen gemäss *Bild 4*.

Insgesamt konnten für alle Gewässerabschnitte deutliche Verbesserungen hinsichtlich der ökohydraulischen Parameter erzielt werden.

3.2 Fische

Die fischökologischen Aufwertungen der Restwassersanierung bestehen zum einen aus Restwasserdotierungen (*Kapitel 3.2.1*) und zum anderen aus Massnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit (*Kapitel 3.2.2*).

3.2.1 Erhöhung der Restwassermengen

In der Regel sind für das Erreichen des Zielniveaus «Bachforelle» höhere Restwassermengen nötig als für die Zielvorgaben «Benetzung» oder «Benthos». Für die folgenden Restwasserstrecken wurde als ökologisches Zielniveau «Bachforelle» festgelegt:

- Hasliaare unterhalb der Fassung Handeck
- Gadmerwasser unterhalb der Fassungen Stein und Wenden
- Gadmerwasser unterhalb der Fassung Fuhren
- Gadmerwasser unterhalb der Fassung Hopflauenen.

- Engstlenbach unterhalb der Fassung Engstlenbach

Im Zuge des Kraftwerksausbaus Innertkirchen 1E und Handeck 2A erfolgte als weitere Ausgleichsmassnahme eine Erhöhung der Dotierung an der Fassung Hopflauenen von 250 l/s auf 300 l/s, um der Bachforelle die Zugänglichkeit im unteren Bereich des Gadmerwassers für Laichaktivitäten besser zu ermöglichen (*Schweizer et al., 2012b*).

Mit den Bestandserhebungen im Jahr 2018 wurden deutliche Verbesserungen der Bachforellenpopulation im unteren Gadmerwasser (Chaistenlamm) unterhalb der Fassung Hopflauenen hinsichtlich Altersstruktur und/oder Individuendichte beobachtet (*Bild 5*). Insbesondere im unteren Gadmerwasser (Ga3) und in der Hasliaare (H1) wurden sehr hohe Jungfischdichten vorgefunden, die jene in der Lütschine mit natürlichen Verhältnissen hinsichtlich Abfluss und Morphologie bei weitem übersteigen (*Schweizer et al., 2021*). Insgesamt zeigen die Erhebungen, dass in allen untersuchten Fischgewässern nach der Restwassersanierung keine wesentlichen Beeinträchtigungen der ansässigen Fischpopulationen vorliegen.

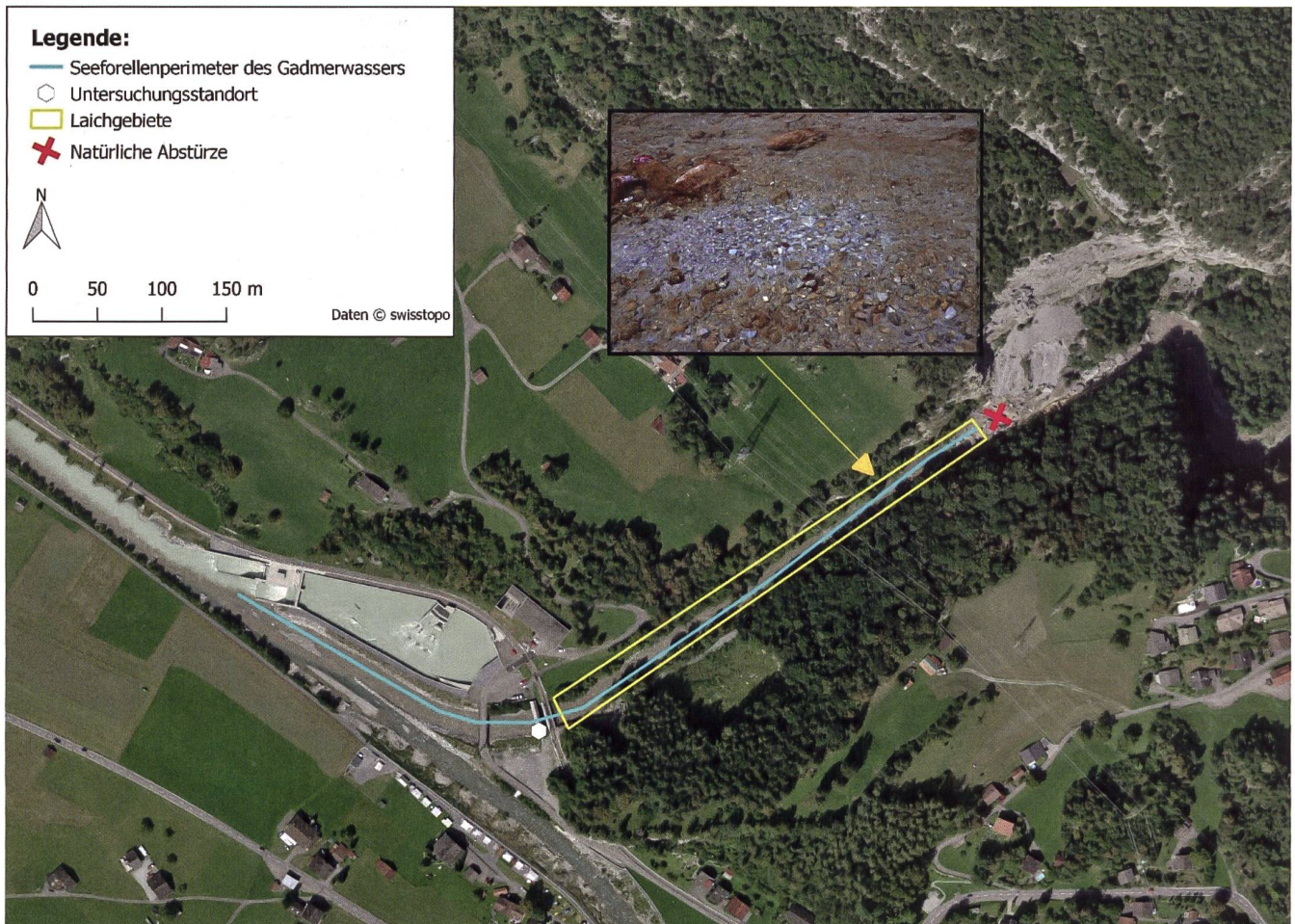


Bild 6: Das untere Gadmerwasser (Chaistenlamm) und Foto einer Laichgrube.

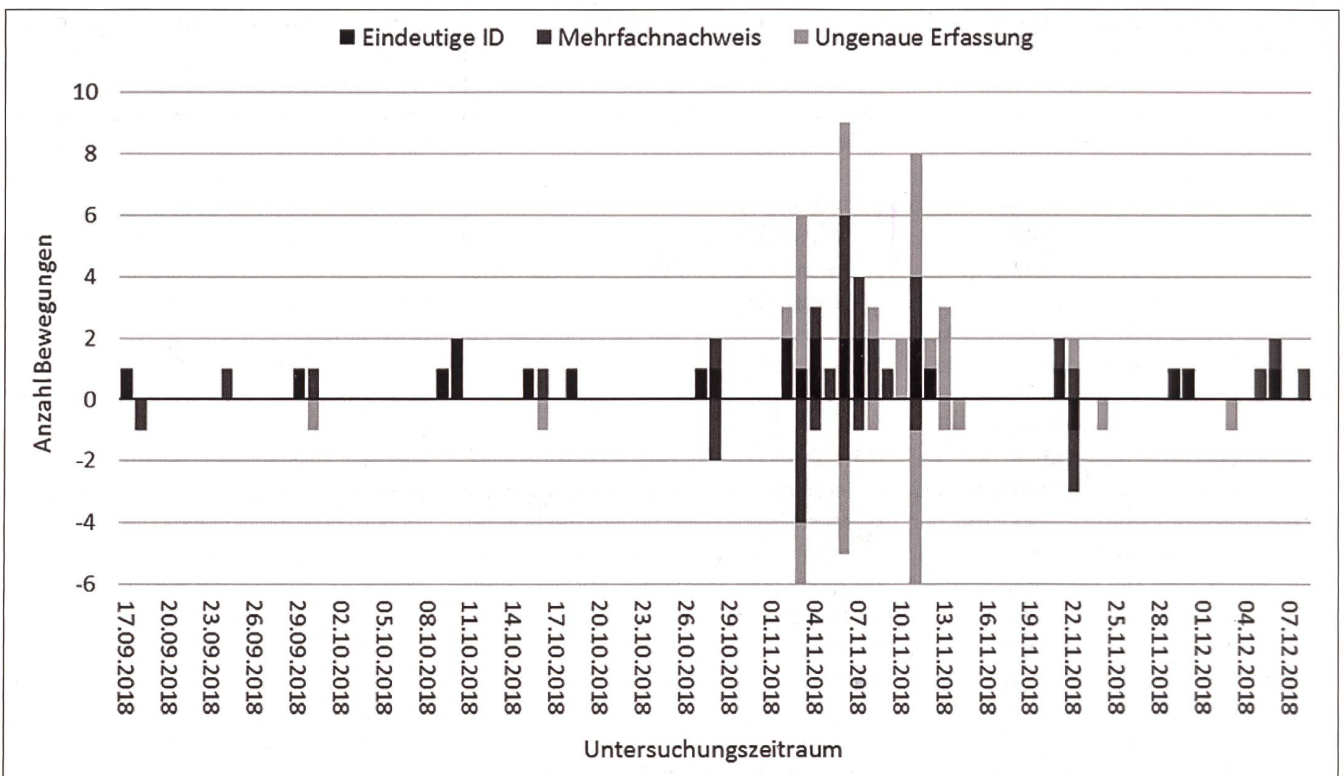


Bild 7: Darstellung der Seeforellenbewegungen für die Laichzeit 2018. Unterteilt in eindeutig erfasste Individuen (ID), ungenaue Erfassungen (Fotoqualität nicht ausreichend für eine individualscharfe Bestimmung) sowie mehrfach nachgewiesene Tiere. Positive Y-Achse entspricht registrierten Aufwärtsbewegungen, negative Y-Achse entspricht registrierten Abwärtsbewegungen (Meyer et al., 2019).



Bild 8: Aufsteigender Seeforellen-Milchner mit über 75cm Länge im Gadmerwasser am 9.10.2018 um 03:22 Uhr, welcher mehrfach die Fischzählanlage des Resistivity Fish Counters direkt unterhalb des abgebildeten Riffels passierte.

Im unteren Gadmerwasser wurde die Dotierung für die Seeforelle mit einem Resistivity Fish Counter inklusive integriertem Kameramonitoring sowie einer Laichgrubenkartierung in den Laichsaisons 2018/19 (Meyer et al., 2019) und 2020/21 (Wagner, 2021) detailliert untersucht (Bilder 6 bis 8). Gemäss den Erfahrungen des lokalen Fischereivereins Oberhasli wurde vor der Restwasseranierung das untere Gadmerwasser (Chaistenlamm) als Laichgebiet von der Seeforelle nicht oder höchstens vereinzelt genutzt.

Mit dem Resistivity Fish Counter inklusive integriertem Kameramonitoring und Fischleitsystem, der sogenannten Seeforellenweiche nach Meyer et al. (2015), konnten in der Laichsaison 2018/19 insgesamt 100 Bewegungen von Seeforellen registriert werden. Auf Basis des individuellen

Punktmusters konnten beim Abgleich der Kameraaufnahmen insgesamt 26 Seeforellenindividuen eindeutig bestimmt werden (Meyer et al., 2019). In der zwei Jahre später stattfindenden Laichzeit wurden insgesamt 19 Seeforellen eindeutig nachgewiesen (Wagner, 2021). Die Hauptlaichzeit lag in beiden untersuchten Saisons zwischen Ende Oktober und Mitte November (Bild 7) und entspricht in etwa derjenigen in der Hasliaare (Meyer et al., 2017b; Greter et al., 2021; Reuther, 2022). Weitere Details zur Aktivität der Seeforellen im Gadmerwasser sind in Meyer et al. (2019) und in Wagner (2021) beschrieben.

3.2.2 Verbesserung der Durchgängigkeit – Fischlift

Vor Umsetzung der Massnahme trennte die Fassung Führen zwei Gewässerabschnitte des Gadmerwassers von 1200m im Unter- und von rund 3500m im Oberlauf. Am jeweiligen anderen Ende der beiden Abschnitte befinden sich natürliche Abstürze, die eine flussaufwärtsgerichtete Fischmigration verhindern. Die Fassung Führen wird als Pumpfassung betrieben und im Wochenverlauf schwankt der Wasserspiegel im Oberbecken daher beträchtlich. Im Planungsprozess zeigte sich, dass aus hydraulischer und technischer Sicht der Anschluss eines konventionellen Schlitzpasses an das Fassungsbecken nicht realisierbar ist. Daher wurde für die Fischaufstiegswanderung eine Kombination aus Schlitzpass (unterer Einstieg) und Fischlift (oberer Anschluss) gewählt (Bild 9). Die aufwandernden Fische schwimmen zuerst

den Schlitzpass hoch, welche in den Reusenkorb des Fischlifts mündet. Je nach Saison erfolgt alle 2 bis 6 Stunden eine Liftfahrt, bei der der Reusenkorb rund 7m in die Höhe gehoben und der Inhalt des Reusenkorbs am oberen Ende des Fischlifts in ein schräg nach unten führendes Kunststoffrohr gekippt wird. Mit dem Verlassen der Abschwemmlleitung gelangen die Fische in das Oberwasser. Weitere Details zur Funktion des Fischlifts finden sich in Meyer et al. (2016) und Meyer et al. (2017a).

Zwischen 2013 und 2015 wurden bei jeder Liftfahrt drei Fotos mit einer automatischen Überwachungskamera erstellt, um die Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegshilfe (FAH) zu überprüfen. Dabei konnte gezeigt werden, dass die FAH grundsätzlich für alle Grössenklassen der Bachforelle gut funktioniert und die jährliche Anzahl der im Reusenkorb beobachteten Fische entsprechend dem Fischbestand den Erwartungen entspricht. Detaillierte Ergebnisse sind in Meyer et al. (2017a) beschrieben.

Die entgegengesetzte Wanderrichtung ist grundsätzlich auf zwei Arten möglich. Bei erhöhten Zuflüssen wird die Fassung vollständig geöffnet und die Fische können durch das Fassungsbauwerk ungehindert absteigen. In der restlichen Zeit steht den Fischen eine Abstiegsleitung in Form einer Bypassleitung zur Verfügung, welche sich im Zulaufkanal zum Pumpkraftwerk Führen befindet und die Tiere unterhalb des Fassungsbauwerks in einen Pool gelangen lässt. Die Auffindbarkeit der Abstiegsleitung im Zulaufkanal wurde mit der Installation eines Leitblechs verbessert. Auf den Kameraaufnahmen vom Fischlift konnten bestimmte Tiere mehrfach nachgewiesen werden, d. h. ein Fischabstieg ist grundsätzlich möglich. Allerdings sind weitergehende Aussagen zur Funktionsfähigkeit mit den vorhandenen Daten nicht möglich.

3.3 Makrozoobenthos

Bereits vor der Umsetzung der Restwasseranierung war die Situation in den meisten Restwasserstrecken hinsichtlich Artenvielfalt, Vorkommen von standorttypischen Arten und weiterer gewässerökologischer Indices (Schweizer et al., 2010; Schweizer & Zeh Weissmann, 2011) relativ gut. In Tabelle 4 sind die wichtigsten Veränderungen, die sich bei der Probenahme von 2018 gegenüber dem Zustand vor Umsetzung der Restwasseranierung ergeben haben, je Restwasserstrecke zusammengefasst.

Insgesamt wurde bei der Mehrzahl der untersuchten Gewässerabschnitte eine leichte bis mittlere qualitative Verbesse-



Bild 9: Fischlift im Gadmerwasser.



Fassung / Restwasserstrecke	Wichtigste Veränderungen, die beobachtet wurden
Hasliaare unterhalb Räterichsbodensee	Leichte Zunahme an gebirgsbachtypischen Arten.
Hasliaare unterhalb Fassung Handeck	Leichte gewässerökologische Aufwertung, insbesondere durch deutlich mehr Lidmücken (strömungsliebende Spezialisten).
Grubenbach unterhalb Fassung Grubenbach	Erhebliche qualitative Verbesserung hinsichtlich IBCH und Anzahl vorgefundener Taxa. Spezialisten der Referenzstelle fehlen aber weiterhin.
Engstlenbach unterhalb Engstlensee	Leichte Zunahme der Vielfalt und Verbesserung des allgemeinen biologischen Zustandes.
Engstlenbach unterhalb Fassung Engstlenbach	Kein klarer Trend zu erkennen.
Gentalwasser unterhalb Fassung Leimboden	Deutliche Zunahme der Vielfalt und Verbesserung des allgemeinen biologischen Zustandes.
Wendenwasser unterhalb Fassung Wenden	Kein klarer Trend zu erkennen.
Steinwasser unterhalb Fassung Stein	Zunahme IBCH und Erstnachweis von Arten, die auf sehr starke Strömung angewiesen sind.
Gadmerwasser unterhalb Fassung Führen	Leichte Zunahme der Vielfalt und des IBCH, wobei Gebirgsbachtypische Arten fehlen.
Gadmerwasser unterhalb Fassung Hopflauenen	Qualitative Verschlechterung und Abnahme Gesamtzahl Tiere in der oberen RW-Strecke. Qualitative Verbesserung in der unteren RW-Strecke und Abnahme Gesamtzahl Tiere.

Tabelle 4: Zusammenfassung der wichtigsten Veränderungen gegenüber dem Zustand vor der Restwassersanierung. IBCH = Index gemäss Modulstufenkonzept Makrozoobenthos als Mass für den allgemeinen biologischen Gewässerzustand.

zung beobachtet, die sehr wahrscheinlich auf die Erhöhung der Restwassermengen zurückzuführen ist. Besonders in flach verlaufenden Gewässerabschnitten konnten erst mit der Dotierung Habitate gebildet werden, die Lebensraum für eine breite Palette von Organismen bieten. In drei Restwasserstrecken zeigten sich widersprüchliche Ergebnisse. Für den Engstlenbach wurde die Dotierung mit der Restwassersanierung nur für den Sommer etwas erhöht – positive Effekte für das Makrozoobenthos blieben vermutlich daher aus. Anders sieht es bei den Restwasserabgaben von Wendenwasser und Gadmerwasser unterhalb der Fassung von Hopf-

lauenen aus. Trotz einer markanten Erhöhung der Dotiermenge wurde hier bei Menge und Vielfalt eine Abnahme seit der Sanierung festgestellt. Störungen (z. B. Hochwasserereignisse) im Gewässer im Vorfeld der Probenahme sind die wahrscheinlichste Ursache.

Für eine eingehendere Betrachtung der Ergebnisse wird auf den Bericht von Limnux verwiesen (Schmidlin et al., 2021).

3.4 Landschaft

Eine landschaftliche Beurteilung einer Restwasserstrecke ist stets mit einer gewissen Subjektivität des Betrachters verbunden. Auch wenn verschiedene Methoden und

Herangehensweisen für eine quantitative landschaftliche Beurteilung bestehen, wurde für das 5-Jahres-Monitoring lediglich eine qualitative Beurteilung für ausgewählte Standorte in Form einer Fotodokumentation durchgeführt. Insgesamt entsprachen die Ergebnisse den Erwartungen. Beispielhaft ist dies in Bild 10a und 10b für die Hasliaare unterhalb der Fassung Handeck dargestellt.

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Wie im Kapitel 3 beschrieben, wurde die Restwassersanierung hinsichtlich Dotierungen und Fischlift technisch erfolgreich umgesetzt, wobei bei den Dotiereinrichtungen teilweise nachjustiert werden musste.

Für die ökohydraulischen Aspekte zeigte sich bei allen Restwasserstrecken eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Zustand vor der Sanierung. Zu beachten ist dabei, dass mit der Definition der ökologischen Zielniveaus klare ökohydraulische Vorgaben resultieren. Die unerwartet starken Versickerungseffekte unterhalb der Steinfassung hätten ohne diese Zielvorgaben und der damit verbundenen Anpassungen der Restwassermenge zu wiederholten Phasen mit ausgetrocknetem Gewässerbett geführt. Mit dem kamerabasierten Monitoring wurde eine effiziente Möglichkeit entwickelt, mit der einerseits die ökologischen Vorgaben permanent eingehalten und andererseits die Restwasserabgaben auch aus betrieblicher Sicht optimiert werden können.

Hinsichtlich der Fischfauna konnten sehr erfreuliche Verbesserungen für die See- und Bachforellenpopulationen im Oberhasli nachgewiesen werden. Auf-



Bild 10a und 10b: Winter- (links) und Sommerdotierung (rechts) in der Hasliaare unterhalb der Fassung Handeck.

grund der morphologischen Bedingungen (kanalisierte Hasliaare, natürliche Schlucht des unteren Gadmerwassers) liegen die heutigen Restwasserverhältnisse in einem sehr guten Bereich für die hiesige Bach- und Seeforellenpopulation. Auch in den anderen Gewässerabschnitten führten die Restwassererhöhungen zu deutlichen Verbesserungen. Insgesamt liegen nach Umsetzung der Restwassersanierung in den als Fischgewässer ausgewiesenen Restwasserstrecken keine wesentlichen Beeinträchtigungen für Bach- und Seeforellen vor.

Mit dem Bau des Fischlifts und der Fischabstiegsleitung konnten zwei ökologisch wertvolle Abschnitte des Gadmerwassers für die dortige Bachforellenpopulation wieder vernetzt werden. Nach mittlerweile neun Jahren Betriebszeit kann festgehalten werden, dass der Wartungsaufwand pro Jahr bei rund 20 Arbeitsstunden damit erfahrungsgemäss deutlich tiefer als bei einem konventionellen Schlitzpass liegt. Dies ist insbesondere auf die solide Ausführung des Lifts sowie auf eine klug gewählte Wasserentnahme, welche sich unterhalb des Recheneinlaufs im Oberbecken befindet, zurückzuführen. Bei einer Realisierung des Triftprojekts ist der Rückbau der Fassung Fuhren als Ausgleichsmassnahme vorgesehen (Schweizer

et al., 2019). Damit verbunden ist auch die Entfernung des Fischlifts – mögliche Interessenten dürfen sich gerne direkt an den Autor wenden.

Bei sieben von zehn untersuchten Restwasserstrecken führten die Anpassungen des Restwasserabflusses zu quantitativen und/oder qualitativen Verbesserungen bei den Wasserwirbellosen. Die ökologischen Aufwertungen lagen dabei im leichten bis mittleren Bereich. Bei den restlichen drei Restwasserstrecken wurde kein klarer Trend beobachtet. Hier dürften auch andere, von der Restwassersanierung unabhängige Faktoren, wie beispielsweise Hochwasserereignisse, einen bedeutenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos ausgeübt haben. Mit Umsetzung der Restwassersanierung wurden in den untersuchten Gewässerabschnitten eine Vielzahl vorher bestehender grösserer Defizite verringert und eine hinsichtlich Menge und Vielfalt gute Gemeinschaft an Wirbellosen konnte sich an den meisten Standorten etablieren.

Aus einer ganzheitlichen Perspektive betrachtet ergeben sich somit folgende Schlussfolgerungen:

- Bereits vor der Restwassersanierung führten die vielen Zuflüsse und die gute Wasserqualität auf einem Grossteil der Restwasserstrecken zu einer steten Was-

serführung und nur abschnittsweise zu grösseren ökologischen Defiziten.

- Die im Rahmen der Restwassersanierung definierten Restwassermengen sind grösstenteils den morphologischen Bedingungen (seitlich begrenzt) gut angepasst.
- Mit der Restwassersanierung wurden ökohydraulische und fischökologische Verbesserungen sowie Aufwertungen bei den Wirbellosen erreicht.
- Die Verwendung von ökologischen Zielniveaus erlaubte nachträglich eine Anpassung von Restwasserabgaben, welche aus ökologischer Sicht sehr wertvoll sind.
- Bei einem Vergleich mit anderen Restwassersanierungen müssen die Eigenheiten der jeweiligen Restwasserstrecken berücksichtigt werden. Daher sind auf Basis dieser 5-Jahres-Wirkungskontrolle keine Pauschalassagen für andere Restwasserstrecken möglich.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanken sich die Autoren herzlich bei *Karin Gafner*.

Quellen:

Baumgartner, J., Berger, B., Schläppi, S. & Meyer, M. (2018): Sanierung Geschiebehaushalt Gadmerwasser, Studie über Art und Umfang von Massnahmen. Bericht im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern.

BWU Mathez (2013): Umsetzung Gewässersanierung nach Art. 80ff GSchG: Messkampagnen an verschiedene Fassungen. Kurzbericht.

BWU Mathez (2018): 5-Jahres-Monitoring der Gewässersanierung gemäss Art. 80ff GSchG. Zusammenfassung der Kontrollmessungen im Jahr 2018. Faktenblatt.

Greter, R., Meyer, M., Pinter, K., Döring, M., Schweizer, S., Unfer, G. & Lautsch, E. (2021): Die Seeforellenlaichwanderung in der Hasliaare 2019 im Kontext abiotischer Faktoren. *Wasserwirtschaft*, Heft 2/3, S. 34–41.

Schmidlin, S., Weisser, N., Gerber, R., Tanno, D. & Wächter, K. (2021): Erfolgskontrolle der Restwassersanierung anhand des Makrozoobenthos im Perimeter der KWO. Bericht der Limnex AG.

Meyer, M., Schweizer, S., Göz, D., Funk, A., Schläppi, S., Baumann, A., Baumgartner, J., Müller, W. & Flück, M. (2015). Die Seeforellenweiche – ein mobiles Leitsystem für aufsteigende Wandersalmoniden. *Wasserwirtschaft*, Heft 7/8: S. 37–41.

Meyer, M., Schweizer, S., Andrey, E., Fankhauser, A., Schläppi, S., Müller, W. & Flück, M. (2016): Der Fischlift am Gadmerwasser im Berner Oberland, Schweiz. *Wasserwirtschaft*, Heft 2/3, S. 42–48.

Meyer, M., Schweizer, S. & Kriewitz-Byun, C.-R. (2017a): Der Fischlift am Gadmerwasser – Erfahrungen und Optimierungsvorschläge. *Wasserwirtschaft*, Heft 2/3, S. 77–81.

Meyer, M., Schweizer, S., Büsser, P., Göz, D., Funk, A., Müller, W., Flück, M., Schläppi, S., Baumgartner, J., Reuther, K., Wächter, K. & Tanno, D. (2017b): Schutzmassnahmen & Monitoring zur Seeforelle im Zuge der Räterichsbodensee-Entleerungen 2014/15 und 2016. *WEL*, 109/3, S. 155–162.

Meyer, M., Schweizer, S., Ruckli, J., Greter, R. & Ravessoud, T. (2019): Seeforellenaufsteigerzählung Gadmerwasser 2018. *KWO-Bericht*, 41 Seiten.

Reuther, K. (2022): Migration of the lake-run brown trout (*Salmo trutta*) in the Hasliaare river under special consideration of discharge and water depth. Master thesis. BOKU Wien.

Schweizer, S., Meyer, M., Heuberger, N., Brechbühl, S. & Ursin, M. (2010): Zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen im Oberhasli. Wichtige Unterstützung des partizipativen Begleitprozesses von KWO plus. *WEL*, 102/4, S. 289–300.

Schweizer, S. & Zeh Weissmann, H. (2011): Restwassersanierung der genutzten Gewässer im Oberhasli. *WEL*, 103/1, S. 25–30.

Schweizer, S., Zeh Weissmann, H. & Ursin, M. (2012a): Der Begleitgruppenprozess zu den Ausbauprojekten und zur Restwassersanierung im Oberhasli. *WEL*, 104/1, S. 11–17.

Schweizer, S., Meyer, M., Wagner, T. & Zeh Weissmann, H. (2012b): Gewässerökologische Aufwertungen im

Rahmen der Restwassersanierung und der Ausbauprojekten an der Grimsel. *WEL*, 104/1, S. 30–39.

Schweizer, S., Schwegler, B., Rohrer, M., Meyer, M., Schläppi, S., Baumgartner, J., Berger, B., Fahner, S., Fankhauser, A., Zeh Weissmann, H., Niedermayr, A., Roulier, C. & Döring, M. (2019): Das Triftprojekt – ein Überblick zu Projekt, Ökologie und Partizipation. *WEL*, 111/4, S. 213–221.

Schweizer, S., Lundsgaard-Hansen, L., Meyer, M., Schläppi, S., Berger, B., Baumgartner, J., Greter, R., Büsser, P., Flück, M. & Schwendemann, K. (2021): Die Schwall-Sunk-Sanierung der Hasliaare; Erste Erfahrungen nach Inbetriebnahme und ökologische Wirkungskontrolle. *WEL*, 113/1.

SigmaPlan (2010): Dotierversuche KWO 2008. Dokumentation und Ergebnisse. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren Wagner T. & Zeh Weissmann H.).

Wagner, B. (2021): Ökologische Wirkungskontrolle des Qualitätsniveaus QSeeforelle der Restwassersanierung im Oberhasli (von 2012) durch eine Seeforellenaufsteiger-Zählung im Gadmerwasser mittels eines vollintegrierten Kamerasystems. Praktikumsarbeit. Kraftwerke Oberhasli AG (KWO).

Kontakt:

Steffen Schweizer,
Leiter Fachstelle Ökologie der
Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)
steffen.schweizer@kwo.ch