Zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen im Oberhasli

Autor(en): **Schweizer, Steffen / Meyer, Matthias / Heuberger, Nick**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **102 (2010)**

Heft 4

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941670

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen im Oberhasli

Wichtige Unterstützung des partizipativen Begleitprozesses von KWOplus

Steffen Schweizer, Matthias Meyer, Nick Heuberger, Sandra Brechbühl, Max Ursin

1. Ausgangslage und kurzer geographischer Beschrieb des Oberhasli

Die KWO ist seit Ende der 1990er-Jahre bestrebt, die Nutzung des Wasserkraftpotenzials im Oberhasli weiter auszubauen bzw. zu optimieren. Ein Kernstück der Ausbaupläne betrifft die intensivere Nutzung des Grimselsees – ein mit einer sehr langen Vorgeschichte belastetes Projekt, welches auch Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Öffentlichkeit und der Umweltschutzverbände für weitere eher unkritische Ausbauprojekte (z.B. «Tandem»: Ausbau der Kraftwerkskette Handeck – Innertkirchen oder «Grimsel 3»: Pumpspeicherwerk zwischen Oberaarsee und Räterichsbodensee) hat, die unter dem Namen von KWOplus zusammengefasst werden. Damit die KWO dem gesellschaftlichen Auftrag für einen Ausbau der Nutzung von regenerativen Energien gerecht werden kann und gleichzeitig ein sinnvoller Kompromiss zwischen Nutzen und Schutz der Gewässer im Oberhasli möglich ist, wurde im Sommer 2009 von der Bernischen Energiedirektorin B. Egger-Jenzer ein runder Tisch mit drei Ebenen ins Leben gerufen. Das Amt für Wasser und Abfall (AWA) hat dabei die Koordination zwischen den verschiedenen Ebenen sowie der politischen Begleitgruppe übernommen. Dieser politischen Ebene gehören Vertreter der Umweltschutzverbände, der Gemeinden, der Politik sowie der KWO an. Auf der fachlichen Ebene treffen sich die Vertreter der kantonalen Ämter und der KWO, um gewässerökologische und methodische Fragen zu diskutieren. Im Ausschuss, der dritten Ebene, verhandeln unter der Leitung des AWAs die Vertreter von Pro Natura, des Bernisch Kantonalen Fischereivereins (BKFV) und des Grimselvereins direkt mit der KWO über den Umfang und die Zuordnung von ökologischen Ausgleichsmassnahmen.

Eine weitere Rahmenbedingung ist, dass sämtliche Schweizerische Kraftwerke aufgrund des Gewässerschutzgesetzes (GSchG Art. 80ff.) dazu verpflichtet sind, bis 2012 die von ihnen genutzten Gewässer zu sanieren.

Diese Ausgangslage veranlasste die KWO zu umfassenden gewässerökologischen Untersuchungen – in einem für die Schweiz bisher einzigartigen Umfang *(Bild 1)*. Neben hydrologischen und hydraulischen Analysen zu den Thematiken Restwasser, Schwall/Sunk, Geschiebehaushalt, Hochwassersicherheit, Kolmation (Verfüllung der Poren in der Bachsohle mit Feinmaterial), Habitate und Wasserqualität wurden auch sämtliche biologischen Kriterien wie die Ökologie von Fischen, Wirbellosen, Wasserpflanzen und Auen sowie die Vernetzungen und die Funktionalität der Gewässer im Oberhasli untersucht. Ausserdem wurde der Einfluss der Gewässer auf die landschaftliche Wahrnehmung bestimmt. Bei diesen zahlreichen Untersuchungen hat es z.T. überraschende Ergebnisse und unerwartete Erkenntnisse gegeben.

Generell bilden die getätigten Untersuchungen die notwendige Grundlage für einen angestrebten und ausgewogenen Kompromiss von Nutzen und Schutz der Gewässer. Aufgrund der vorliegenden

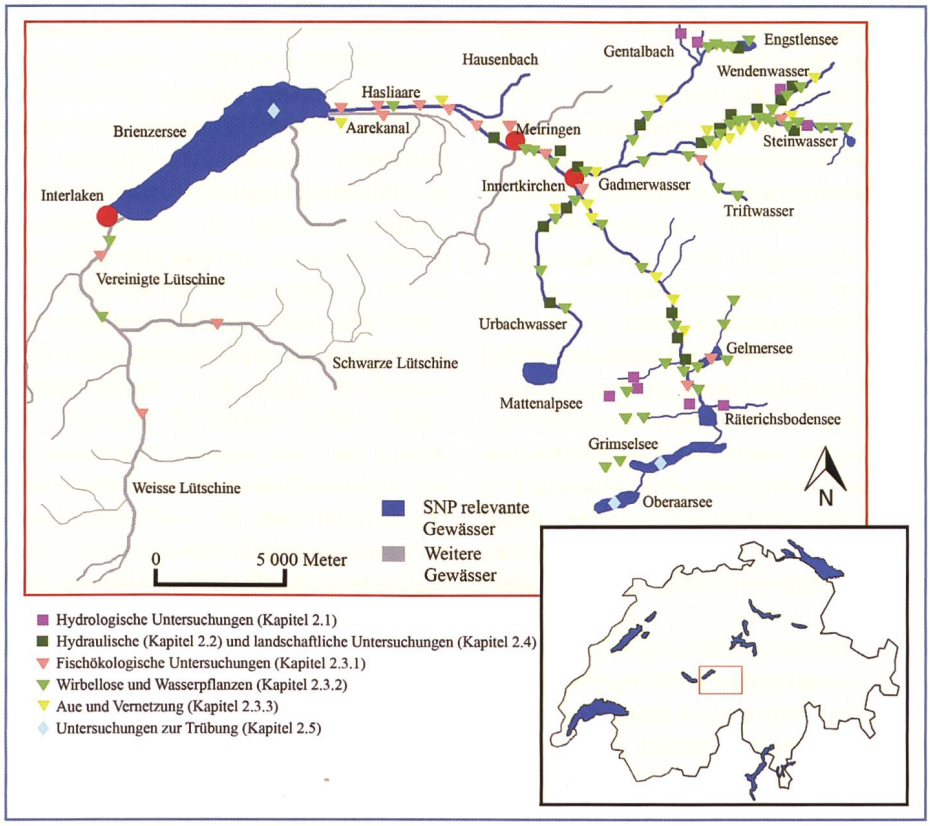

Bild 1. Gewässerökologische Untersuchungen initiiert durch die KWO. SNP = Schutz- und Nutzungsplan, der für das Konzessionsgesuch für eine Vergrösserung des Grimselsees ausgearbeitet wurde. Das Konzessionsgesuch wurde im September 2010 eingereicht.

Untersuchungen konnte so in der o.g. Begleitgruppe stets fachlich, konstruktiv, lösungsorientiert und transparent diskutiert werden, was den Annäherungsprozess bisher sehr beschleunigt hat.

Das Einzugsgebiet der KWO liegt im östlichen Berner Oberland in der Region von Grimsel und Susten *(Bild 1)*. Insgesamt wird in den zwei Haupttälern (Aare- und Gadmental) sowie in den zwei bedeutenden Seitentälern (Urbach- und Gental) an insgesamt 27 Fassungen Wasser für die Energieerzeugung entnommen. Die Einzugsgebietsfläche oberhalb von Innertkirchen beträgt rund 450 km^2, wovon etwa 350 km^2 für die Wasserkraft genutzt werden.

Die Aare entspringt dem Unteraargletscher auf knapp 2000 m ü.M. und speist mit ihrem Wasser den Grimselsee (1909 m ü.M.). Danach verläuft sie als Restwasserstrecke bis zur Wasserrückgabe in Innertkirchen (620 m ü.M.) und dann als Schwallstrecke bis zu ihrer Mündung in den Brienzersee auf 564 m ü.M.. Die Schwallstrecke unterhalb der Wasserrückgabe in Innertkirchen weist verschiedene Morphologietypen auf: Buhnen zwischen der Wasserrückgabe in Innertkirchen und der Aareschlucht (0.7 km), natürliche Morphologie in der Aareschlucht (1.5 km), alternierende Kiesbänke im Raum Meiringen (1.5 km), begradigter Kanal zwischen Meiringen und Brienzersee (12 km). Dagegen sind die Fliessgewässer oberhalb von Innertkirchen grösstenteils morphologisch natürlich bis naturnah. Nur sehr vereinzelt gibt es hier kurze Abschnitte, die stark verbaut oder mit künstlichen und nicht fischgängigen Schwellen stabilisiert sind.

Das hydrologische Abflussregime schwankt je nach Höhenlage zwischen a glazial (von Gletscher geprägt) und nivalalpin (von der Schneeschmelze geprägt) – der höchste Punkt des oberen Aareeinzugsgebiets (Finsteraarhorn) liegt auf 4274 m ü.M.. Der Gletscheranteil des Einzugsgebiets liegt beim Pegel der Landeshydrologie in Brienzwiler bei 21%. Im Allgemeinen ist die Wasserqualität der Oberflächengewässer im Oberhasli sehr gut.

2. Gewässerökologische Untersuchungen und Ergebnisse

Für eine umfassende Analyse der gewässerökologischen Situation eines Fliessgewässers müssen hydrologische, hydraulische, chemische und biologische Aspekte beachtet werden. Die Berücksichtigung dieser Aspekte ist im Gewässerschutzgesetz (GSchG) sowohl für die Gewässersanierung (Art. 80ff.) als auch für Neuregelungen der Konzessionsbedingungen (Art. 29ff.) verankert. Zusätzlich wird auch die Beachtung von landschaftlichen Gesichtspunkten gefordert.

Um alle gewässerökologisch relevanten Fragen bezüglich Ausbauvorhaben und der Gewässersanierung sachlich diskutieren und lösen zu können, hat die KWO in den letzten Jahren zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen an allen relevanten Flussabschnitten durchführen lassen. Dies geschah und geschieht in Zusammenarbeit mit anerkannten Umweltbüros und Experten sowie mit der finanziellen Beteiligung an den Forschungsprojekten «Nachhaltige Nutzung der Wasserkraft – Innovative Massnahmen zur Reduzierung der Schwall/Sunkproblematik» (KTI-Forschungsprojekt Nr. 9676), «Alpwaterscarce» (www.alpwaterscarce.eu) und Unterstützung des Swiss Electric Research Forschungsprojekts «HydroNet» (www.ccem.ch/hydronet). Die genannten Forschungsprojekte werden unter anderem von der Eawag, EPFL, ETHZ, FH Fribourg und FH Lausanne geführt.

2.1 Hydrologische Untersuchungen und Ergebnisse

Für die Festlegung von sowohl gesetzlich als auch gewässerökologisch sinnvollen Dotierwassermengen – sei es im Rahmen der Gewässersanierung (GSchG Art. 80ff.) oder im Rahmen einer Neukonzessionierung (GSchG Art. 29ff.) – bedarf es u.a. einer ausreichend genauen Kenntnis der Niedrigwasserverhältnisse (Q_{347}) an einer bestimmten Fassung sowie möglichen Versickerungseigenschaften in der Restwasserstrecke. An insgesamt acht Fassungen gibt es diesbezüglich noch offene Fragen, die in z.T. sehr aufwendigen Verfahren von den Büros BWU und BIG quantitativ oder semiquantitativ angegangen und gelöst werden (BIG 2009, BWU Mathez 2009a, 2009b, 2010). Zusätzlich wurden auch zwei Bäche hydrologisch untersucht, die aktuell in den Räterichsbodensee münden und sich prinzipiell für eine Dotierung eignen würden. Eine Umleitung eines dieser Bäche ermöglicht künftig, dass die Aare wie bisher ganzjährig klares Wasser führt. Verglichen zum heutigen Zustand würde dagegen eine Dotierung mit trübem Stauseewasser die gewässerökologische Situation in der Aare verschlechtern (Kap. 2.3.1 und 2.3.2). Beide Bäche versiegen zeitweise im Hochwinter, führen aber in der restlichen Jahreszeit beachtliche Wassermengen. Da die heutige gewässerökologische Situation in der Aare unterhalb vom Räterichsbodensee bereits relativ gut ist (Kap. 2.3.1 und 2.3.2), konnte so in der Begleitgruppe ein sachlich vernünftiger Kompromiss für die Dotierung ab dem Räterichsbodensee mit einem dieser Bäche gefunden werden.

Um die aktuellen Auswirkungen von künstlichen Pegelschwankungen in der Schwallstrecke zu bestimmen, aber auch um die Effekte von dem geplanten Beruhigungsbecken (Schweizer et al. 2008) zum Dämpfen der Pegelschwankungen zu simulieren, wurden in Zusammenarbeit mit dem Büro Limnex AG aufwendige Driftversuche durchgeführt *(Bild 2)* (Limnex 2009). Dabei wurde die Wasserrückgabe in die Aare beim ersten Versuchstag im März 2008 innerhalb von fünf Minuten von 8 m^3/s auf 62 m^3/s erhöht (heute maximal möglicher Anstieg), während beim zweiten Versuchstag (einen Monat später) die gleiche Erhöhung sich auf 30 Minuten ausdehnte (Simulierung des geplanten Beruhigungsbeckens) und den Organismen so eine viel längere Reaktionszeit ermöglichte (das Beruhigungsbecken kann künftig die Pegelanstiegs- und Rückgangsraten sowie die Schwall- und Sunkraten halbieren). Mit im Fluss aufgestellten Netzen und mit Tauchpumpen wurden die in der Hasliaare treibenden (driftenden) wirbellosen Organismen (v.a. Insektenlarven) für jedes Szenario und für zwei verschiedene Flussmorphologien (Kanal und alternierende Kiesbänke) gemessen. Bei diesen Driftversuchen zeigte sich, dass mit dem geplanten Beruhigungsbecken die maximale Konzentration von driftenden Organismen (Driftdichten) beim Schwallanstieg um mehr als die Hälfte reduziert werden kann. In der Kiesbankstrecke wird diese maximale Driftdichte gegenüber dem Kanal zudem nochmals deutlich vermindert, was auf die naturnähere Morphologie zurückzuführen sein dürfte. Nach dem ersten Schwallanstieg ging die Wirbellosen-Drift in allen Versuchen rasch wieder zurück, blieb aber während des Schwalldurchganges weiterhin über der natürlichen Grunddrift (Limnex 2009). Bei den anorganischen Partikeln in der Drift (Sand, Schwebstoffe) wurde die Konzentration beim Schwallanstieg weder durch die Simulierung des Beruhigungsbeckens noch durch die Morphologie so stark beeinflusst, wie dies bei den Wirbellosen der Fall war (Limnex 2010). Eine Kombination aus geplantem Beruhigungsbecken und morphologischer Aufwertung der Hasliaare (Absenken der Vorländer zur Ausbildung von alternierenden Kiesbänken) könnte somit die Verdriftungsproblematik entschärfen, indem ein übermässiges Ab-

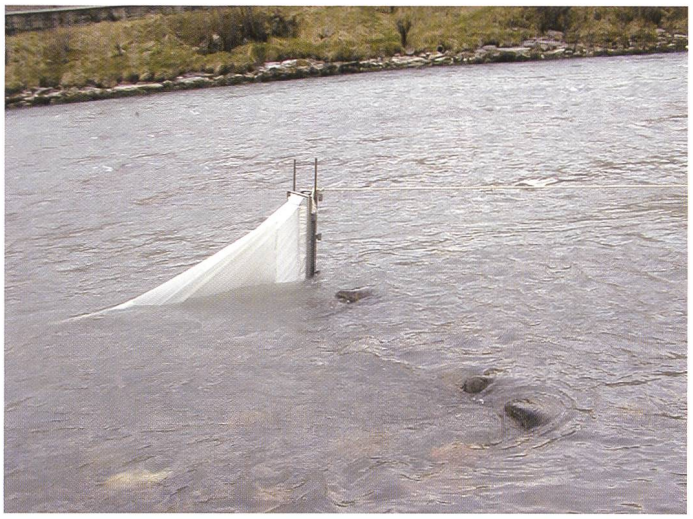

Bild 2. Driftversuche in der Aare im März/April 2008 (Limnex 2009). Links, Messung in unzugänglicher Kanalstrecke mittels Lastwagenkran, Tauchpumpe, Schläuchen, Netz und Bottich; rechts, Messung der Drift mit fixiertem Netz in der Kiesbankstrecke. Fotos Peter Baumann, Limnex AG.

treiben von Wirbellosen auf der Flusssohle durch die Schwälle («Katastrophendrift») wohl weitgehend verhindert würde (Limnex 2009). Natürliche Driftverhältnisse wären damit aber noch nicht erreicht, sind in Schwallstrecken normalerweise aber auch nicht zu erreichen. Inwieweit das geplante Beruhigungsbecken den ab 2011 neu geltenden Forderungen des Gewässerschutzgesetzes und der Gewässerschutzverordnung bzgl. Schwall/Sunk nachkommt, muss noch geklärt werden.

Zusätzlich konnte in einer hydraulischen Untersuchung gezeigt werden, dass die Buhnen in Innertkirchen die Schwallwellen verzögern und den Abflussanstieg abflachen (LCH 2010, Meile 2008, Limnex 2009). Dies ist bei einer künftigen Steuerung des Beruhigungsbeckens zu berücksichtigen: Eventuell ist anstelle der Dämpfung des Schwallanstiegs die Erzeugung eines Vorschwalls zur Vorwarnung der aquatischen Organismen aus ökologischer Sicht vorteilhafter.

Im Rahmen des von der KWO mitfinanzierten KTI-Forschungsprojekts wurde an der EPFL ein hydrologisch-hydraulisches Modell entwickelt, das sämtliche KWO-Einrichtungen und die wichtigsten Gewässer abbildet. Damit können neben innerbetrieblichen Möglichkeiten zur Reduktion von Schwall/Sunk auch Klimaszenarien (Veränderung von Niederschlag, Gletscherrückgang, Trockenperioden...) und Hochwassersimulationen (Steuerung der Stauseen im Hochwasserfall) gerechnet werden (Bieri & Schleiss 2009, Bieri et al. 2010). Erste Modellrechnungen zeigen, dass durch den Rückhalt in den KWO-Speicherseen der Spitzenabfluss während dem Hochwasser von 2005 in Brienzwiler von 590 (Speicherseen 100% gefüllt) auf 520 m^3/s (Seestände 2005) entschärft werden konnte (LCH 2009). Diese Modellrechnung wurde auch in der Begleitgruppe des «Hochwasserkonzepts Aare Meiringen bis Brienzersee» diskutiert und momentan sind Abklärungen zur aktiven Hochwasserbewirtschaftung durch präventiven Turbinierbetrieb im Gange. Dies zeigt, wie vielseitig das Modell eingesetzt werden kann.

Die Methode zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades des Abflussregimes HYDMOD-F (in Entwicklung stehendes Modul Hydrologie des Modul-Stufen-Konzeptes, Pfaundler et al. 2007) wurde für alle Restwasserstrecken (Heuberger & Schweizer 2010) und für die Schwallstrecke (Heuberger & Schweizer 2009) getestet. Dazu fand ein Austausch über die gemachten Erfahrungen mit dem BAFU statt. Das BAFU ist aktuell mit der Überarbeitung von HYDMOD-F für die definitive Publikation dieser Methode im Frühjahr 2011 (Pfaundler et al. 2011) befasst. Die sehr grosse Anzahl an umfassenden gewässerökologischen Untersuchungen macht das Oberhasli zu einem optimalen Testgebiet für neue Bewertungssysteme.

2.2 Hydraulische Untersuchungen und Ergebnisse

2.2.1 Geschiebe

Der Geschiebehaushalt eines Gewässers spielt sowohl für die ökologische Situation als auch für die Hochwassersicherheit eine entscheidende Rolle. Zum einen gewährleistet ein naturnaher Geschiebehaushalt eine für das Ökosystem notwendige Gewässerdynamik, da damit immer wieder Pionierstandorte für Spezialisten geschaffen werden. Zum anderen garantiert ein naturnaher Geschiebehaushalt eine gewisse Strukturvielfalt, die den Lebensraum für viele aquatische Organismen bildet, wie z.B. Lückenräume für Wirbellose oder Laichplätze für Fische. Der Geschiebehaushalt beeinflusst direkt die Höhenlage der Flusssohle und somit die Situation bei Hochwasser: Bei einer Eintiefung der Sohle können Unterspülungen von Uferbefestigungen auftreten, während bei einer Auflandung der Abflussquerschnitt verringert wird.

Die KWO und das Tiefbauamt des Kantons Bern lassen seit mehreren Jahren den Geschiebehaushalt von Gadmerwasser (Hunziker, Zarn & Partner 2008, 2009) und der Aare (z.B. Hunziker, Zarn & Partner 2007) untersuchen. Aufgrund verschiedener Geschiebesammler besteht am Gadmerwasser ein Geschiebedefizit, welches in den letzten Jahrzehnten dazu geführt hat, dass sich das Gewässer eingetieft hat und die Strukturvielfalt beeinträchtigt ist. Zusätzlich besteht ein für dieses Gewässer untypisches Defizit an kleinen und mittleren Korngrössen, die für die Naturverlaichung von Bachforellen nötig sind. Die Analyse des Geschiebehaushalts ergab, dass eine Geschiebedotierung von gut 1000 m^3 pro Jahr unterhalb des bestehenden Sammlers Obermad zu keinen aus Hochwassersicht gefährlichen Auflandungen führen dürfte. Diese Geschiebedotierung ist Bestandteil der Gewässersanierung und wird bereits seit 2008 in Vorleistung freiwillig ausgeführt *(Bild 3)*. Die ersten drei Kilometer unterhalb der Zugabestelle zeigen bereits nach drei Jahren eine markante Zunahme an potenziellen Laichplätzen (aktuelles Monitoring und Beobachtungen von Schweizer S., Meyer M. und Fischereiverein Oberhasli). Ein um-

Bild 3. Geschiebedotierung 2009. Links, Laster bringt Geschiebe unterhalb des heutigen Geschiebesammlers ein, rechts, mit Geschiebe dotierte Sohle des Gadmerwassers direkt unterhalb des Geschiebesammlers – bereits einen Monat später hat ein kleineres Hochwasser das deponierte Material vollständig abgetragen.

fassendes biologisches und hydraulisches Monitoring soll in den kommenden Jahren die optimale Geschiebemenge definieren, die die grösstmögliche Verbesserung für Wirbellose und Fische mit sich bringt, aber gleichzeitig auch einen angemessenen Schutz vor Überflutungen garantiert.

Um den Einfluss des Schwallbetriebs auf die Sohle der Aare zu untersuchen, wurden hydraulische Modelluntersuchungen und Berechnungen an der Technischen Universität München (2007) durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Sohle bei Schwallabflüssen nicht bewegt oder aufgerissen wird. Diese Sohlenstabilität bei fast täglich auftretendem Schwall ist für alle aquatischen Organismen lebenswichtig. Pro Jahr treten in der Aare ein bis zwei natürliche Hochwasserereignisse auf, die die Sohle aufreissen. Diese Störungen sind aber aus ökologischer Sicht nötig, damit sich eine natürliche Dynamik ausbilden kann und die Poren der Sohle von Feinmaterial wieder befreit werden (Dekolmation).

2.2.2 Hochwasserdynamik

Im von den KWO mitfinanzierten Forschungsprojekt «Alp Water Scarce» untersucht die Eawag mittels verschiedener Parameter strukturelle (Habitatvielfalt = Vielfalt an Lebensräumen) und funktionelle (Respiration) Aspekte in Abhängigkeit von der Hydrologie in der Aue Sandey im Urbachtal, einer Aue von nationaler Bedeutung. Aufgrund des Stausees Mattenalp (etwa 5 km oberhalb von Sandey) ist die obere Hälfte des ursprünglichen Einzugsgebiets dieser Aue abgeschnitten. In der Regel fällt in diesem Gebiet der Niederschlag allerdings als Schnee, bzw. bei Regen wird dieser von den Gletschern wie ein Schwamm zuerst zurückgehalten und ist somit nicht direkt abflusswirksam. Zudem gelangen Niederschläge unterhalb des Stausees direkt ins System. Daher ist die Aue von einem eingeschränkt natürlichen Abfluss geprägt, der aber die für alpine Systeme typische Expansions- und Kontraktionsdynamik des Gewässernetzes gewährleistet. Hierdurch werden bei Starkregenereignissen weite Teile der Aue überflutet, fallen anschliessend aber wieder trocken. Dies sind ideale Voraussetzungen, um Indikatoren hinsichtlich zukünftiger Wasserknappheit im Alpenraum im Rahmen des obengenannten Projektes zu testen. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die hydrologische Dynamik ausreicht, um eine auentypische Habitatvielfalt zu gewährleisten. Allerdings haben historische Luftbildanalysen gezeigt, dass Anzahl und Fläche der Habitate wesentlich geringer sind als vor dem Bau des Sees. Einen wesentlichen Beitrag hierzu leisten aber die insbesondere in den letzten 20–30 Jahren geschütteten Dämme, die damit als ökologisch fragwürdig eingestuft werden müssen.

Da bei grösseren Hochwasserereignissen die meisten Fassungsschütze geöffnet werden und somit der gesamte Abfluss in die Restwasserstrecke gelangt, ist die Hochwasserdynamik in den meisten Restwasserabschnitten intakt. Zusätzlich wird die Dynamik noch durch die steile Topographie und die häufigen Starkregenereignisse im Oberhasli unterstützt.

2.2.3 Hydraulische Habitate

Da die von der KWO genutzten Fliessgewässer fast ausschliesslich in einer natürlich bis naturnahen Morphologie verlaufen, hängt die Habitatvielfalt hauptsächlich von der Restwasserführung ab. Bei den 1994 und 2008 durchgeführten Dotierversuchen wurden sowohl landschaftliche Kriterien (Kap. 2.4) untersucht als auch benetzte Breite, mittlere und maximale Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe in Abhängigkeit von der Dotierwassermenge aufgenommen. Dies bildet eine wichtige Grundlage bei der Diskussion der festzulegenden Dotierwassermengen im Rahmen der Gewässersanierung und der geplanten Ausbauvorhaben. Neben der Habitatvielfalt wurde dabei der Fokus auf maximale Tiefen (Durchgängigkeit für Fische) und Geschwindigkeiten (für strömungsliebende Wirbellose, z.B. Lidmücken) gelegt.

Im Rahmen des von der KWO mitfinanzierten Forschungsprojekts «Nachhaltige Nutzung der Wasserkraft – innovative Massnahmen zur Reduzierung der Schwall/Sunkproblematik» wurde zudem die Schwallstrecke an mehreren Abschnitten per Boot vermessen. Die gewonnenen Daten dienen für die Erstellung eines detaillierten hydraulischen Modells, das die Verteilung von Fliessgeschwindigkeit und Abflusstiefe in Abhängigkeit vom Abfluss generiert. Diese Modellaussagen geben wichtige Erkenntnisse für die Wanderungsbedingungen der Seeforellen. Erste hydraulische Voruntersuchungen und Modellierungen wurden bereits 2007 durchgeführt (Herzog 2007).

Ausserdem wurde 2008 im Urbachtal eine Verrohrungskartierung durchgeführt, die mögliche Aufwertungsmassnahmen im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung aufzeigen konnte (Meyer & Heuberger 2008b).

2.3 Biologische Untersuchungen und Ergebnisse

Für eine gewässerökologische Gesamtbeurteilung sind neben den hydraulischen und hydrologischen Aspekten vor allem

die biologischen Gesichtspunkte aussagekräftig. Neben Aussagen zu Fischen, Wirbellosen, Wasserpflanzen und Auen spielen zudem die Vernetzung (longitudinal, lateral und vertikal), die Dynamik und die verschiedenen ökologischen Funktionen eine sehr entscheidende Rolle.

Die KWO hat sowohl in den Restwasserstrecken als auch in der Schwallstrecke umfangreiche biologische Untersuchungen durchführen lassen, die z.T. überraschende Ergebnisse aufzeigen.

2.3.1 Fische

In der Restwasserstrecke oberhalb der Wasserrückgabe wurden mittels Elektrobefischung die Abundanz, die Biomasse und die Artenvielfalt der Fischfauna aufgenommen (Haas & Peter 2009). Neben den heimischen Arten Groppe, Äsche, Trüsche, Egli, Felchen, Bach- und Seeforelle (während der Laichzeit) kommen in den oberhasler Gewässern auch standortfremde Bach- und Seesaiblinge, Regenbogenforellen und kanadische Seeforellen vor (WFN 2000). Das Vorkommen der Fische ist in vielen Flussabschnitten und Seen auf künstlichen Besatz zurückzuführen. Aus ökologischer Sicht ist vor allem die Frage nach einer erfolgreichen Reproduktion entscheidend, bei der die natürliche Verlaichung funktionieren und verschiedene Habitate für alle Lebensstadien der Fische vorhanden sein müssen (zum Aspekt Durchgängigkeit siehe Kap. 2.3.4). Das Umweltbüro Büsser führte an ausgewählten Laichgruben im Herbst 2009 Kartierungen und im Frühling 2010 Probenahmen durch, die eine erfolgreiche Reproduktion von Bachforellen nachweisen (Büsser 2010) – damit konnte der Fischereiverein Oberhasli neue Erkenntnisse hinsichtlich des Schlupfzeitpunkts gewinnen. Auch in der Aare auf rund 1600 m ü.M. ist bereits 1 km unterhalb des Räterichsbodensees die intakte Fortpflanzung von Bachforellen dokumentiert. Um dies auch weiterhin zu gewährleisten, ist eine Dotierung unterhalb des Stausees mit klarem Wasser während den Wintermonaten zu bevorzugen (bei einer winterlichen Dotierung mit trübem Seewasser wird eine verstärkte Kolmatierung der Flusssohle erwartet, die die Frischwasserzufuhr der Fischeier gefährden würde).

Innerhalb des KTI-Forschungsprojekts wird von der Eawag der Einfluss von Morphologie und künstlichen Pegelschwankungen auf die Fischfauna, unter besonderer Berücksichtigung der Seeforelle, untersucht. Die auf der roten Liste als stark gefährdet geführte Art (BAFU 2007) wandert ab September vom Brienzersee in die Gewässer des Oberhasli auf, um dort zu verlaichen (Meyer 2010). Während den ersten Lebensjahren steigen die juvenilen Seeforellen dann in den Brienzersee ab (Bagliniere & Maisse 1991), wo sie im Lauf von etwa 7 Jahren Grössen von bis zu knapp 1 m erreichen können (Schulz 1995, *Bild 4*). Fangstatistiken der Laichfänge des hiesigen Fischereivereins (AquaTerra 2007) und Untersuchungen in diesem Forschungsprojekt zeigen, dass die Aufwanderung der Seeforellen trotz ungünstiger Morphologie und künstlichen Pegelschwankungen funktioniert. Es wird vermutet, dass die Fische während geringer Wasserführung (Sunkphase) verstärkt aufwandern und sich hinter grossen Blöcken und vor allem in seitlichen Zuflüssen ausruhen (AquaTerra 2007). Voruntersuchungen mit semiquantitativer Elektrobefischung haben in der Schwallstrecke der Aare neben Groppen, Bachsaiblingen, Bach- und Seeforellen auch noch die Trüsche nachgewiesen (Haas & Peter 2009). Auffallend ist die deutliche Zunahme von Abundanz und Biomasse der Fische im Bereich der Einmündungen von Seitenbächen (Haas & Peter 2009). Eine Diplomarbeit des o.g. Forschungsprojekts hat sich mit verschiedenen konkreten Verbesserungsmöglichkeiten für die bedrohte Seeforelle im Oberhasli auseinandergesetzt und mögliche Aufwertungsmassnahmen untersucht (Meyer 2010). Ausserdem wird an der FH Fribourg in Labor- und Feldversuchen eine optimale Geometrie für die Auffindung von Uferausbuchtungen (zum Ausruhen der Fische während höheren Abflüssen) erforscht (Ribi et al. 2010a und 2010b).

Neben dem geplanten Beruhigungsbecken in Innertkirchen (Schweizer et al. 2008 und Kap. 2.1) und einer möglichen morphologischen Aufwertung der Kanalstrecke scheint vor allem die bessere Anbindung und teilweise Renaturierung der seitlichen Zuflüsse in die Aare die effektivsten realisierbaren Massnahmen für die Förderung der Seeforelle im Oberhasli zu sein (Meyer 2010). Aufgrund der Morphologie des Gerinnes ist ein Stranden von Fischen bisher nicht beobachtet worden (Zumbrunn 2010 mdl.).

Die KWO unterhält eine partnerschaftliche Beziehung zum Fischereiverein Oberhasli. So werden regelmässig die Gewässer gemeinsam begangen und mögliche Ausgleichsmassnahmen und Dotierungen im Rahmen der Gewässersanierung und der Ausbauvorhaben von KWOplus diskutiert. Zudem wurde der Neubau der Brutanstalt in Meiringen finanziell von der KWO unterstützt. Damit wird ermöglicht, dass sowohl Hasliaare als auch Urbachwasser mit autochthonen Seeforellen besetzt werden können.

2.3.2 Wirbellose und Wasserpflanzen Benthos)

Zusätzlich zur Fischfauna spielen auch die Wirbellosen und die Wasserpflanzen bei der Beurteilung der gewässerökologischen Situation eine sehr wichtige Rolle. Sie bilden die untersten Ebenen der Nahrungspyramide, sind verantwortlich für den Abbau von organischem Material und somit für die Selbstreinigung der Gewässer. Für eine genaue Beurteilung werden Artenvielfalt, Biomassen, Abundanzen und Bewuchsdichten bestimmt. Die von den Büros Limnex AG und AquaTerra durchgeführten Untersuchungen umfassen im Einzugsgebiet der KWO rund 60

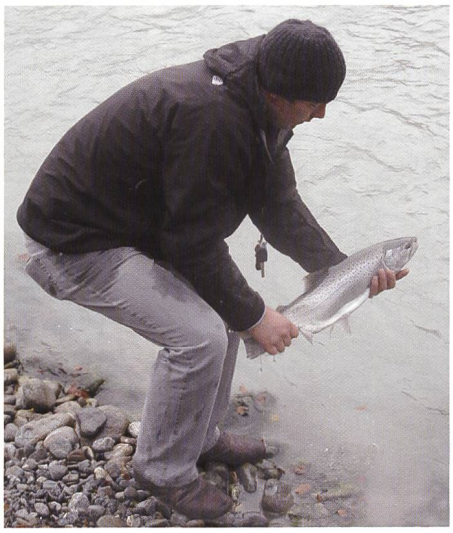

Bild 4. Links, Abstreifen eines Seeforellenweibchens in der Brutanstalt Meiringen zur künstlichen Aufzucht von Seeforellen, rechts, Wiedereinsetzen der Seeforelle in die Aare.

Stellen mit bis zu vier Probenahmen pro Stelle. Dabei führten die schon vollständig ausgewerteten Erhebungen in der Restwasserstrecke und der Schwallstrecke der Hasliaare zu teilweise überraschenden Ergebnissen (AquaTerra 2007; Limnex 2008, 2009, 2010).

Um den Einfluss von trübem Wasser auf die Lebensgemeinschaft der wirbellosen Organismen (Benthos) abschätzen zu können, wurden biologische Proben in der Restwasserstrecke der Aare unterhalb des Räterichsbodensees entnommen (vgl. 2.3.1). Als Referenzstrecke wurde dazu auf dieselbe Weise und zu vergleichbaren Zeiten die ungenutzte und daher während der Schnee- und Gletscherschmelze sehr trübe Weisse Lütschine untersucht. Die wegen der Wasserkraftnutzung ganzjährig recht klare Aare zeigte dabei im Sommer eine etwa fünffach höhere Häufigkeit und Biomasse sowie eine rund doppelt so grosse Artenvielfalt an wirbellosen Sohlenbewohnern (Makroinvertebraten). Natürlicherweise, d.h. ohne den Entzug des kalten und trüben Gletscherwassers durch die KWO, wäre im Sommer auch die Aare viel unproduktiver als heute. Im Winter herrschen zwischen den beiden Gewässern demgegenüber viel ausgeglichenere Verhältnisse. Bei genauerer Betrachtung erwies sich die Anzahl an extrem strömungsbedürftigen Organismen in der Restwasserstrecke der Aare gegenüber der Weissen Lütschine reduziert, und in zwei der am meisten auf hohe Fliessgeschwindigkeiten angewiesenen Invertebraten-Gruppen wurde eine veränderte Artenzusammensetzung festgestellt (Limnex 2008).

Bei den Probenahmen wurde an verschiedenen Stellen in der Restwasserstrecke der Aare auch die sehr seltene fädige Rotalge Paralemanea torulosa festgestellt *(Bild 6)*. Es handelt sich dabei um den ersten Nachweis dieser Art für die Schweiz, weshalb die Bestimmung durch ausgewiesene Spezialisten für die Rotalgen durchgeführt und abgesichert wurde. Neben Paralemanea torulosa wurde in der Aare zudem auch die verwandte, aber häufigere Art Lemanea fluviatilis gefunden. Deren Häufigkeit geht nach Pfister (2003) in Restwasserstrecken meistens stark zurück, ausser wenn diese ein wasserreiches Resteinzugsgebiet und eine entsprechend «ausreichende natürliche Dotierung» aufweisen. In der Restwasserstrecke der Hasliaare werden diese Bedingungen offenbar schon heute erfüllt (Limnex 2010).

Eine Dotierung der Aare mit trübem Wasser aus dem Räterichsbodensee hätte zweifellos auch Auswirkungen auf den Algenbewuchs und könnte die festgestellten Rotalgen im schlechteren Fall zum Verschwinden bringen.

Auch die gewässerökologischen Verhältnisse in der Schwallstrecke der Hasliaare wurden eingehend untersucht. Neben den Driftmessungen (Kap. 2.1) wurden in den morphologisch unterschiedlichen Abschnitten Benthosproben genommen (Limnex 2009, 2010). Dabei wurden selbst in der kanalisierten Strecke 35 taxonomische Einheiten (Arten) von Makroinvertebraten unterschieden, was trotz der klaren Defizite in Struktur und Hydrologie auf eine vergleichsweise hohe Artenvielfalt hinweist. In der morphologisch vielfältigeren Kiesbankstrecke waren bei der angewandten Bestimmungstiefe sogar 45 verschiedene Taxa vertreten *(Bild 5)*. Im Gegensatz dazu blieb die Abundanz (Häufigkeit) und die Biomasse der Wirbellosen in allen untersuchten Abschnitten der Schwallstrecke gering, und die Biomasse lag überall z.T. deutlich unter den Sollwerten (z.B. nach Dückelmann 2001) für natürliche Gewässer. Dass sich der Schwallbetrieb aus Wasserkraftwerken in erster Linie auf die Quantität, aber weniger auf die Qualität des Makrozoobenthos auswirkt, entspricht auch den Erfahrungen aus anderen Schwallstrecken (Baumann & Klaus 2003).

Im September 2009 wurden ausserdem gewässerökologische Untersuchungen im Engstlensee durchgeführt. Dieses auch «als der schönste schweizerische Bergsee» bekannte Gewässer wird von der KWO seit 1962 bewirtschaftet. Aus verschiedenen Seetiefen wurden Proben der wirbellosen Fauna entnommen. Darin waren u.a. eine seltene und nur wenige mm grosse Erbsenmuschelart (Pisidium conventus) vertreten. Diese Art ist nur von wenigen Standorten bekannt, darunter Brienzer- und Thunersee sowie in hochgelegenen Seen des Engadins (Turner et al. 1998). Im Engstlensee waren die Pisidien schon 1960, also kurz vor Beginn der Bewirtschaftung des Sees über die gesamte Seetiefe vertreten (Grimas & Nilsson 1962). Neben den Erbsenmuscheln besteht das Makrozoobenthos im See hauptsächlich aus Würmern und Larven von Zuckmücken, die beide 2009 ähnliche Häufigkeiten wie 1960 aufwiesen.

2.3.3 Auen, Vernetzung der Gewässer, Durchgängigkeit und Funktionalität von Gewässern

Auen werden von regelmässigen Überflutungen geformt und geprägt. Sie können mit zunehmender Entfernung zum Fliessgewässer grob in Pionierstandorte, Weich- und Hartholzauen unterteilt werden. Aufgrund landwirtschaftlicher Nutzungen im Gewässerraum, der Nutzung der Wasserkraft sowie Gewässerverbauungen (z.B. Schildkröten, Schwellen) und Geschieberückhalt fehlt vielerorts die natürliche Abfolge der Auen im Oberhasli.

Im Auftrag der KWO wurde von der Auenberatungsstelle in Yverdon die Aue Obermad nach der Multikriterien-Analyse (offizielle Methode vom BAFU zur Beurteilung von Auen, Paccaud et al.

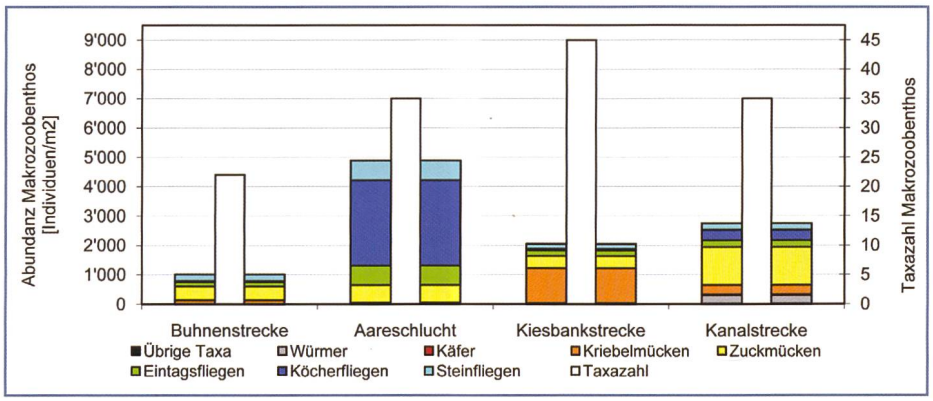

Bild 5. Artenvielfalt (Taxazahl), Abundanzen und Biomassen der Wirbellosen in der Schwallstrecke. Die Probenahmen wurden im März 2008 und März 2010 von der Firma Limnex AG durchgeführt und anschliessend ausgewertet (Limnex 2008).

Bild 6. Die Rotalge Paralemanea torulosa (Foto Peter Baumann, Limnex AG).

2009, Thielen et al. 2002) bewertet und in Zusammenarbeit mit dem Büro Hunziker & Zarn verschiedene Fluss- und Auenrevitalisierungen als Ausgleichsmassnahmen für KWOplus auf Stufe Vorprojekt ausgearbeitet (Service Conseil Zones Alluviales 2010). Aktuell erfolgen weitere vertiefte ökologische und hochwasserrelevante Abklärungen sowie Verhandlungen mit den Landeigentümern.

Wie in Kap. 2.2.2 bereits erwähnt, untersucht die Eawag die strukturelle Zusammensetzung und ökologische Funktionalität in Verbindung mit der hydrologischen Dynamik in der Aue Sandey (Bodmer et al. 2010, Döring 2010). Hieraus wurde ein weiteres Eawag-Forschungsprojekt entwickelt, das sich der vertikalen hydrologischen Vernetzung der Aue (z.B. Austausch von Oberflächen- und Grundwasser, Fliesswege im Untergrund) und der Grundwasserfauna widmet, um die oben genannten Aspekte in der vertikalen Dimension zu erweitern. Beiden Projekten sind momentan zwei Diplomarbeiten und drei Praktika angeschlossen.

Im Jahr 2008 wurden in ausgewählten Abschnitten des Urbachwassers, der Aare und des Gentalwassers sämtliche künstlichen und natürlichen Abstürze kartiert, um die Durchgängigkeit in den Gewässern zu untersuchen (Meyer et al. 2008a). Aufgrund der Topographie treten sehr viele natürliche Abstürze auf, allerdings finden sich an einigen Stellen auch künstliche Barrieren, die teilweise längere Gewässerabschnitte voneinander trennen oder für Fische nur flussabwärts zu überwinden sind. Die KWO hat bereits in den 1990er Jahren mit einer Blockrampe freiwillig eine künstliche Schwelle im Gadmerwasser fisch- und wirbellosengängig gemacht. Weitere Blockrampen und ein Fischpass sind jeweils bei künstlichen Barrieren im Rahmen der Gewässersanierung und der Ausbauprojekte von KWOplus geplant (Kap. 4).

2.4 Landschaftliche Untersuchungen und Ergebnisse

Aufgrund der touristischen Bedeutung des Grimselgebiets aber auch wegen klarer Bestimmungen im GSchG bzgl. Neuregelung der Konzessionsbedingungen wurden von den Büros B+S und Sigmaplan zudem an sämtlichen Restwasserstrecken landschaftliche Erhebungen durchgeführt (B+S 2009, Sigmaplan 2010b und 2010c). Bei den wichtigsten Talgewässern konnten im Rahmen der Dotierversuche 1994 und 2008 mit akustischen Messungen (Rauschen) sowie mit einer umfangreichen Fotodokumentation die landschaftliche Wirkung in Abhängigkeit der Abflussmenge abgeschätzt werden.

Auf diese Weise wurde versucht, möglichst sachliche Argumente für eine Einschätzung der landschaftlichen Wirkung des Abflusses heranziehen zu können. Allerdings ist die landschaftliche Wirkung immer mit einer gewissen Subjektivität verbunden.

Beispielsweise hat die Fotodokumentation der Dotierversuche bei der Bestimmung der Restwassermenge für den landschaftlich bedeutsamen Handeckfall die Entscheidungsfindung sachlich unterstützt *(Bild 7)*. Die Fotodokumentation der Dotierversuche zeigt, dass wegen eines Einschnitts beim Überfall die benetzte Breite des Handeckfalls bei einer Dotation von 500 l/s sich nicht sehr vergrössert. Bei der Frage, inwieweit diese Dotierung einen grösseren optischen Zugewinn mit sich bringt, gehen die Meinungen der Beteiligten auseinander.

2.5 Pumpspeicherung und Trübung in KWO-Stauseen und Brienzersee

Im Rahmen des Forschungsprojekts «HydroNET» werden von der Eawag und der EPFL seit 2008 Trübstoff-, Wassertemperatur- und Sedimentmessungen im Oberaarsee und im Grimselsee sowie im Ein- und Auslauf der Zentralen durchgeführt. Ausserdem werden Wassertiefen und tiefenabhängige Fliessgeschwindigkeiten erhoben, um daraus ein zweidimensionales Strömungsmodell zu entwickeln. Die bisher durchgeführten Analysen zeigen, dass die Pumpspeicherung zwar einen Einfluss auf die Strömungsbedingungen vor der Fassung im Grimselsee, jedoch keinen Einfluss auf die Korngrössenverteilung der Trübstoffe des Seewassers hat (Bonalumi et al. 2010, Müller & Schleiss 2009, Müller et al. 2010).

Bereits 2006 konnte in einem Expertengremium von Eawag, Fischereiinspektorat und Bernerischem Fischereiverband festgestellt werden, dass die Wassernutzung der KWO (Änderung des Abfluss- und Trüberegimes der Aare) keinen signifikanten Einfluss auf die Felchenpopulation im Brienzersee hat (Finger 2006). Deren abnehmende Grösse und Gesamtbiomasse ist fast ausschliesslich auf die reduzierte Nährstoffzufuhr, hauptsächlich infolge des Betriebs von Abwasserreinigungsanlagen, zurückzuführen (BVE 2006). Der BKFV hat seinerzeit in einer Medienmitteilung gefordert, dass geprüft werden sollte, inwieweit die im Grimselsee durch Sedimentation zurückgehaltenen Nährstoffe anderweitig dem Brienzersee zugeführt werden könnten. Im oben genannten Expertengremium konnte allerdings nachgewiesen werden, dass der Nährstoffeintrag auch heute noch über dem ursprünglichen Wert liegt (BVE 2006).

Weitergehende Studien haben ge-

Bild 7. Handeckfall – links, ohne zusätzliche Dotierung vom Räterichsbodensee, rechts, mit Dotierung (500 l/s) von trübem Wasser aus dem Räterichsbodensee (Herbst 2008). «Bemerkung: Nach Art. 31 GSchG wäre eine Dotierwassermenge von 322 l/s verlangt (ohne eine eventuelle Erhöhung nach Art. 33 GSchG).»

zeigt, dass eine Vergrösserung des Grimselsees nur geringfügige Auswirkungen auf das Ökosystem des Brienzersees haben dürfte (Limnex 2006, Finger 2007).

3. Von der KWO mitentwickelte Bewertungssysteme

3.1 Bewertung aller Restwasserstrecken und der Schwallstrecke mit SNP-Bewertungsmethode

Das Verwaltungsgericht des Kantons Bern hat in einem vom Bundesgericht bestätigten Urteil aus dem Jahr 2008 entschieden, dass die Erhöhung der Staumauern des Grimselsees um 23 m eine Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession der KWO erfordert. Daraufhin hat sich die KWO entschieden, in diesem Zusammenhang eine Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) nach Art. 32c (GSchG) auszuarbeiten. Da bei einer solchen Planung Dotierwassermengen mit verschiedenen gewässerökologischen Aufwertungsmassnahmen (z.B. Auen- und Flussrevitalisierungen, Blockrampen, Ausdolungen, Nutzungsverzichte) gegeneinander aufgewogen werden müssen, bedarf es einer ökologisch nachvollziehbaren, transparenten und praktikablen Bewertungsmethode. Die vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) für eine SNP empfohlene Methode von Ernst Basler und Partner (Basler & Partner 2005) wurde eher für kleinere Gebiete mit wenigen zu bewertenden Flussabschnitten entwickelt. Allerdings ist der für die SNP KWOplus bestimmte Perimeter mit rund 500 km^2 (inklusive Aareboden zwischen Meiringen und Brienzersee, *Bild 1*) wesentlich grösser als alle bisher in der Schweiz behandelten SNP-Perimeter. Insgesamt enthält der SNP-Perimeter von KWOplus 62 zu bewertende homogene Flussabschnitte. Deshalb ist die vom BAFU empfohlene Bewertungsmethode hier nicht praktikabel und bedarf einer Anpassung. In enger Zusammenarbeit mit dem Büro Sigmaplan wurde auf die spezifischen Bedingungen im Oberhasli eingegangen und es wurden nur deutlich sensitive Indikatoren verwendet (Sigmaplan 2010d). Mit insgesamt sechs Indikatoren und 11 Unterindikatoren *(Tab. 1a)* konnte die offizielle BAFU-Methode an die Situation im Oberhasli angepasst werden. Zur Gewichtung der einzelnen Abschnitte wurden insgesamt vier Aspekte berücksichtigt *(Tab. 1b)*. Die einzelnen Indikatoren, Unterindikatoren und Abschnittsgewichtungen wurden ausführlich im Rahmen des Begleitprozesses mit folgenden kantonalen Ämtern diskutiert und gemeinsam wurden die einzelnen Gewichtungsfaktoren festgelegt: Amt für Wasser und Abfall (AWA), Abteilung für Naturförderung (ANF), Fischereiinspektorat (FI), Oberingenieurkreis 1 (OIK), Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR) und das Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL). Das BAFU wurde regelmässig über den Stand der Diskussionen unterrichtet. Dadurch konnte eine absolut transparente, nachvollziehbare, umfassende und praktikable Bewertungsmethode entwickelt werden, die es erlaubt, Mehrnutzungen (Abgabe von geringeren Dotierwassermengen als diejenigen, die bei einer Neukonzessionierung ohne SNP nötig wären) mit verschiedenen Ausgleichsmassnahmen (z.B., Fluss- und Auenrevitalisierungen, Erhöhung der Dotierwassermenge an einer anderen Fassung, Fischpässe) anhand von sog. Ökopunkten so weit möglich objektiv vergleichen zu können (Sigmaplan 2010d).

Indikator	Unterindikator	Gewichtungsfaktor
1 Restwasser		20%
2 Hochwasserdynamik & Geschiebe	2a Abflussdynamik & Fassungstyp	5%
	2b Uferverbauung	5%
3 Ökomorphologie		10%
4 Auen	4a Länge der Aue	5%
	4b Breite der Aue	10%
5 Habitate	5a Durchgängigkeit	5%
	5b Maximale Tiefe	10%
	5c Benetzte Breite	5%
	5d Maximale Fliessgeschwindigkeit	5%
6 Landschaft	6a Gewässervielfalt	10%
	6b Eigenart	5%
	6c Ursprünglichkeit	5%

Tabelle 1a. Für die SNP KWOplus verwendeten und mit den involvierten Fachstellen abgestimmten Indikatoren und Unterindikatoren sowie deren Gewichtungen für die Gesamtbewertung (Sigmaplan 2010d).

Abschnittsgewichtung nach	Gewichtung
Abschnittslänge	30%
Mittlerer Abfluss des Abschnitts	30%
Ökologische Bedeutung des Abschnitts	30%
Landschaftliche Bedeutung des Abschnitts	10%

Tabelle 1b. Für die SNP KWOplus verwendeten und mit den Fachstellen abgestimmten Abschnittsgewichtungen (Sigmaplan 2010d).

Diese Bewertungsmethode eignet sich prinzipiell für jede Schutz- und Nutzungsplanung nach GSchG, aber auch für die Ausarbeitung von Strategien zur Wasserkraftnutzung auf kantonaler oder auf Bundesebene. Allerdings bedarf es in jedem neuen Anwendungsfall bestimmter Anpassungen und Ergänzungen. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass bei Verhandlungen vor allem der frühzeitige Einbezug aller Beteiligten und die Klärung aller gewässerökologisch relevanten Fragen meist ausschlaggebend sind. Und letztlich muss das sog. «Bauchgefühl» aller Beteiligten stimmen, dass die verhandelten Ausgleichsmassnahmen auch die Mehrnutzung mehr als kompensieren können.

3.2 Bewertung Schwall/Sunk

Die Thematik Schwall/Sunk ist für die KWO nicht nur wegen dem geplanten Beruhigungsbecken in Innertkirchen (UVP-Ausgleichsmassnahme für «Tandem», vgl. Kap. 1, Schweizer et al. 2008) sondern auch wegen der bevorstehenden Änderung des GSchG von zentraler und aktueller Bedeutung. Da das Schwall/Sunk-Verhältnis nicht auf die spezifischen Eigenschaften (z.B. Lebensgemeinschaften, Morphologie und weitere) in einer Schwallstrecke eingeht, ist es als alleiniges Bewertungskriterium ökologisch gesehen nicht aussagekräftig (Schweizer et al. 2009).

Aus den Erfahrungen bei den in der Aare durchgeführten Driftversuchen (Kap. 2.1) sowie in Diskussion mit verschiedenen Experten der Eawag und der Limnex AG konnte ein Bewertungsmodell entwickelt werden, das sich allein an den in Schwallstrecken möglichen ökologischen Defiziten orientiert und ausschliesslich auf leicht bestimm- und messbaren hydraulischen und hydrologischen Kenngrössen basiert (Schweizer et al. 2009). Die in dieser Bewertungsmethode abgeleiteten Erkenntnisse sollen bei der Planung und bei der künftigen Steuerung des Beruhigungsbeckens berücksichtigt werden. Verschiedene Kraftwerksbetreiber haben bereits ihr Interesse an diesen gewonnenen Erkenntnissen für eine praktikable und ökologisch nachvollziehbare Bewertungsmethode gezeigt, um diese mit noch einigen offenen Fragen behaftete Thematik sachlich und proaktiv angehen zu können.

4. Partizipation der Ämter, Umweltschutzverbände und politischen Vertreter

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, gibt es an der Grimsel eine sehr lange Vorgeschichte, weshalb sämtliche Ausbauvorhaben der KWO äusserst kritisch verfolgt werden. Um aber trotzdem dem gesellschaftlichen Auftrag für einen Ausbau der regenerativen Energien gerecht werden zu können, hat sich die KWO entschlossen, alle ökologisch relevanten Fragen sachlich und transparent anzugehen, um proaktiv Lösungen zu finden.

Seit Juli 2009 wird im Rahmen des Begleitprozesses (Kap. 1) ein sehr enger Kontakt mit allen betroffenen Fachstellen, mit den politischen Vertretern und den Gemeinden sowie mit allen interessierten Umweltschutzverbänden gepflegt. So haben alle Beteiligten jederzeit Einsicht in sämtliche Untersuchungsergebnisse und werden bei jedem einzelnen Schritt (von der Defiziterhebung über die Diskussion von Lösungsansätzen bis zur endgültigen Planung und Bewertung aller Massnahmen) involviert. Der Einbezug aller Beteiligten garantiert eine möglichst hohe Qualität der Ausgleichsmassnahmen.

In direkten Verhandlungen mit Pro Natura, dem Bernerischen Fischerei Verband und dem Grimselverein werden seit einem guten Jahr alle ökologisch relevanten Fragen bezüglich der Ausbauvorhaben «Tandem» und «Grimsel 3» sowie der Gewässersanierung ausführlich diskutiert. In diesem Ausschuss werden in einer konstruktiven Art und Weise gemeinsam Lösungen erörtert und verhandelt. Die in den vorigen Kapiteln beschriebenen gewässerökologischen Untersuchungen bieten bei den Diskussionen und Verhandlungen die entscheidende Basis für:

- Transparenz
- sachliche Diskussionen
- angenehmes Verhandlungsklima
- Einigung bei verschiedenen Grundsatzfragen
- das Erkennen und Bewerten der ökologischen Defizite
- die mit allen Beteiligten gemeinsame Entwicklung und Bewertung von Ausgleichsmassnahmen.

Bei den gewässerökologischen Ausgleichsmassnahmen handelt es sich um Restwasserdotierungen, Nutzungsverzichte, Auen- und Flussrevitalisierungen, Massnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit, landschaftliche Massnahmen, Verbesserungen des Geschiebehaushalts, Ausdolungen und einem Beruhigungsbecken zur Dämpfung der künstlichen Pegelschwankungen (Schweizer et al. 2008). Es wird versucht, die einzelnen Massnahmen so aufeinander abzustimmen, dass möglichst viele Synergien erzeugt werden und so das Ganze einen wesentlich grösseren ökologischen Gewinn als die Summe der einzelnen Massnahmen erreicht. Bei einem Grossteil der Massnahmen ist die Realisierung bereits heute geklärt, bei den übrigen sind die Untersuchungen bereits auf Stufe Vorprojekt, und es finden aktuell konkrete Gespräche mit den Landeigentümern statt.

Ein wichtiges Hilfsmittel bei den konkreten Verhandlungen ist das Einführen von sogenannten ökologischen Qualitätsniveaus, d.h. das z.B. neben einer bestimmten Restwassermenge auch ökologische Zielvorgaben verhandelt werden, die in einem mehrjährigen Monitoring überprüft werden. Bei Nichterreichen der formulierten Ziele können weitergehende Massnahmen gefordert werden (z.B. Erhöhung der Restwassermenge).

5. Diskussion und Ausblick

Die KWO erreicht mit all den in den hier beschriebenen und durchgeführten gewässerökologischen Untersuchungen ein neues, für ein schweizerisches Wasserkraftwerk bisher unerreichtes Niveau an ökologischer Genauigkeit (Sigmaplan 2010a) – dies ist nicht zuletzt auf die Beharrlichkeit der Umweltschutzverbände zurückzuführen. Dass es die KWO mit diesen Untersuchungen auch wirklich ernst meint, zeigen sowohl die enge Zusammenarbeit mit allen betroffenen Fachstellen und Umweltschutzverbänden *(Bild 8)* als auch die Summe der Ausgleichsmassnahmen für KWOplus, die in den im September 2010 eingereichten Konzessionsgesuchen aufgeführt sind. Ein in den Verhandlungen wichtiger Vertrauensbeweis ist, dass die KWO sämtliche Untersuchungsberichte sowohl den Ämtern als auch den Umweltschutzorganisationen zugänglich gemacht hat. Ausserdem haben die Umweltschutzverbände gleichzeitig mit den Ämtern sämtliche Konzessionsgesuchsunterlagen für die KWOplus-Ausbauprojekte erhalten. In der Regel und von Gesetzes wegen bekommen die Umweltschutzverbände erst ab der öffentlichen Auflage die Gelegenheit, die Gesuche zu prüfen.

Die Vielzahl der Untersuchungen (Kap. 2) sowie die entwickelte Bewertungsmethode (Kap. 3.1) (Sigmaplan 2010d) und der Einbezug von sog. ökologischen Qualitätsniveaus (Kap. 4) ermöglichen es, mit allen Beteiligten sachlich zu diskutieren und so einen möglichst ausgewogenen Kompromiss zwischen Nutzen und Schutz der oberhasler Gewässer zu suchen. Damit ist zum ersten Mal seit der letzten konzessionsrelevanten Kraftwerkserweiterung (1980) wieder eine Einigung zwischen den verschiedenen Interessensvertretern für zwei gesellschaftlich sehr bedeutende Ausbauprojekte («Tandem» und «Grimsel 3») an der Grimsel zum Greifen nah.

Mit all den hier beschriebenen Untersuchungen gehört das Oberhasli mittlerweile zu den am besten gewässerökologisch untersuchten Gebieten in der Schweiz. Damit bieten die sehr guten und z.T. sehr detailliert untersuchten Gewässer im Oberhasli eine hervorragende Grundlage für weitere Forschungsprojekte und für das Testen gewässerökologischer Bewertungsmethoden. Derzeit wird darüber diskutiert, ob ein Forschungsprogramm weitergeführt wird und es ist durchaus wahrscheinlich, dass das eine oder andere neue Forschungsprogramm hinzukommt.

Durch die Zusammenarbeit mit allen betroffenen Fachstellen, allen interessierten Umweltschutzverbänden, mit einer Vielzahl von externen Büros und Experten *(Bild 8)* sowie den wichtigsten schweizerischen Forschungsinstituten ist eine aus gewässerökologischer Sicht optimale Planung und Realisierung der Ausgleichsmassnahmen gewährleistet.

Auch können die enge Zusammenarbeit und die Beteiligung sämtlicher Interessensgruppen als Vorbild für grössere wasserbauliche Projekte dienen und die in dem Beteiligungsprozess gewonnenen Erfahrungen können so bei anderen Grossprojekten bereits in der Planung mit ein-

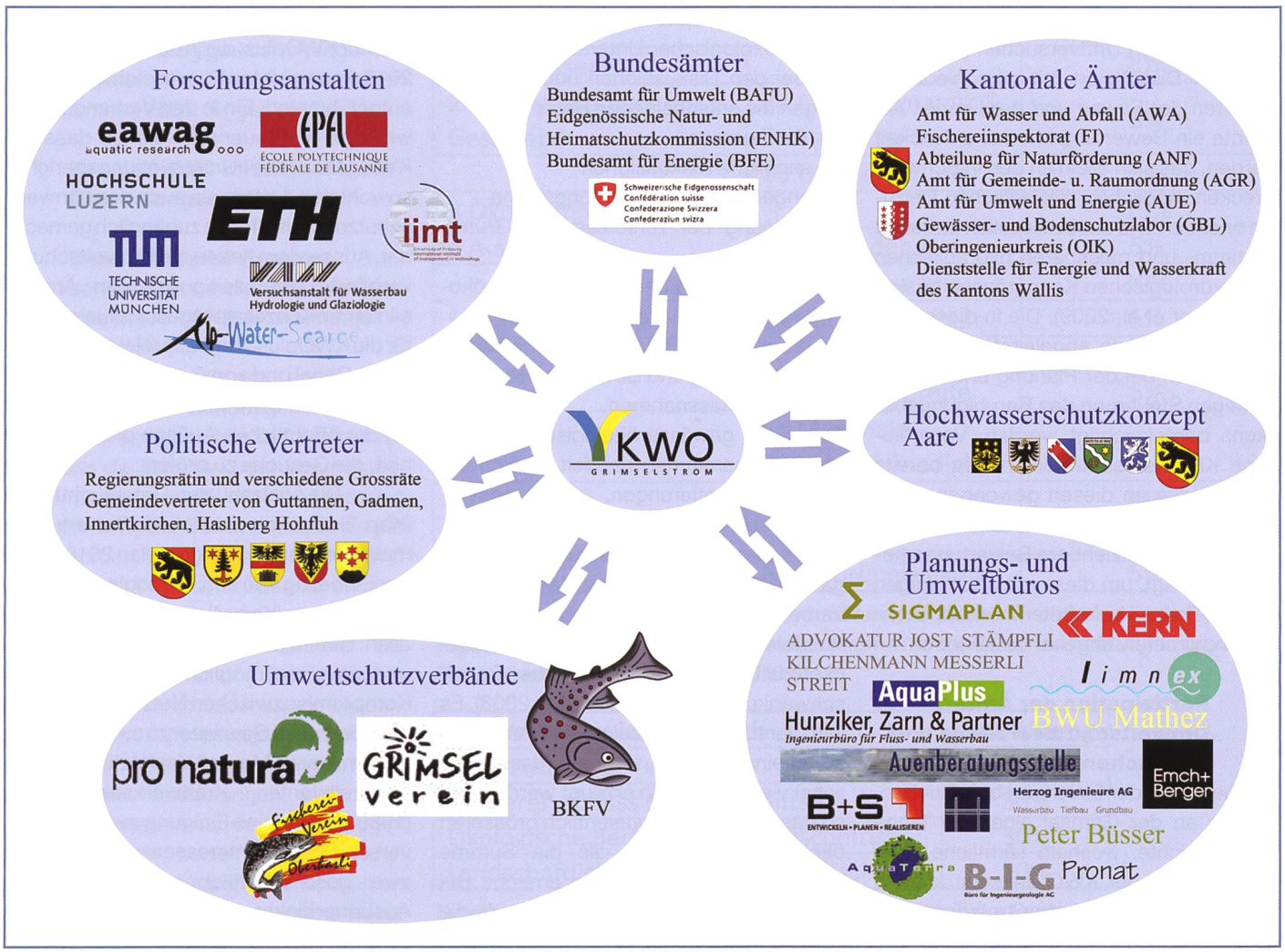

Bild 8. Im Begleitprozess beteiligte Institutionen, Verbände, Büros und Personen. Der politischen Begleitgruppe gehören ausserdem die Organisationen Green Peace, Aqua Viva, WWF, Greinastiftung und Stiftung Landschaftsschutz Schweiz an.

fliessen. Abschliessend möchten sich die Autoren bei allen Beteiligten und vor allem bei den ehrenamtlich Tätigen für die aufgewendete Zeit, für den grossen Wissensaustausch und für die konstruktive Haltung bedanken.

6. Danksagung

Ein grosses Dankeschön an folgende Personen, die am Begleitprozess beteiligt sind und/oder das Manuskript kritisch durchgelesen haben.

Peter Baumann (Limnex AG), Marc Baumgartner (BAFU), René Bayer (B+S), Martin Bieri (EPFL), Dr. Peter Büsser (Umweltbüro Büsser), Dr. Michael Döhring (Eawag), Matteo Bonalumi (Eawag), Dr. David Finger (Eawag, jetzt Infras), Daniel Fischlin (KWO), Martin Flück (FI), Urs Eichenberger (Grimselverein / Metron), Beat Gilgen (Kern), Dr. Markus Graf (ANF), Heinz Habegger (AWA), Reto Haas (Eawag, jetzt Grunter), Nils Hählen (OIK), Beatrice Herzog (Herzog Ingenieure), Simon Jenni (Advokatur Jost Stämpfli Kilchenmann Messerli Streit), Heinz Kasper (Emch + Berger), Manfred Kummer (BAFU), Dr. Verena Lubini (AquaTerra), Catherine Mathez (BWU), Claude Meier (AquaTerra), Dr. Markus Meyer (BKFV), Michael Müller (EPFL), Willy Müller (FI), Dr. Andreas Niedermayr (Hunziker, Zarn & Partner), Dr. Johann Neuner (KWO, jetzt Tiwag), Lea Odermatt (BIG), Bernard Oppeliguer (AWA), Emilie Person (Eawag), Dr. Armin Peter (Eawag), Dr. Martin Pfaundler (BAFU), Wilhelm Regez (KWO), Jean-Marc Ribi (FH Fribourg), Dr. Christopher Robinson (Eawag), Dr. Christian Roulier (Auenberatungsstelle), Dr. Anton Schleiss (EPFL), Irène Schmidli (AWA), Dr. Heinz Tscholl (KWO), Dr. Luca Vetterli (Pro Natura), Kurt Wächter (Limnex AG), Thomas Wagner (Sigmaplan), Frank Weber (AGR), Dr. Alfred Johny Wüest (Eawag), Dr. Markus Zeh (GBL), Heiko Zeh Weissmann (Sigmaplan).

Literatur

AquaTerra (2007): Umweltverträglichkeitsbericht Kraftwerk Innertkirchen 1, Aufwertung 2te Etappe. Fachbereich Gewässerökologie. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren: Lubini V. & Meier C.).

BAFU (2007): Rote Liste Fische und Rundmäuler. Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz. Ausgabe 2007, Bundesamt für Umwelt, Bern.

Bagliniere J.-L. & Maisse G. (1991): Biology and ecology of the brown and sea trout. Chichester: Springer-Verlag.

Basler E. & Partner (2005): Ausnahmen von den Mindestrestwassermengen im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung (Art. 32 Bst. c GSchG). Bericht des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Baumann P. & Klaus I. (2003): Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Bieri, M. & Schleiss, A.J. (2009): Innovative Massnahmen zur Reduzierung negativer Einflüsse von komplexen Wasserkraftanlagen auf Flusssysteme. 11. Treffen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Wasserbauinstituten, 26.–29. August 2009, Lausanne, Schweiz, Seiten 115–120, ISSN 1661-1179.

Bieri, M., Schleiss, A., Frankhauser, A. (2010): Modelling and simulation of floods in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes. River Flow: 1421–1428, Braun-

schweig, Deutschland, 8.–10. Sept. 2010.
BIG (2009): Abfluss Engstlensee: Tracerversuche und Abflussmessungen. Hydrogeologischer Bericht Nr. 08088. Bericht im Auftrag der KWO (Autorin Odermatt L.).
Bodmer P., Döring M., von Fumetti S., Robinson C.T. und *Nagel P.* (2010): Habitat Heterogeneity, Respiration and Microbial Dynamics: The Alpine Sandey Floodplain in the Urbachtal. Latsis Symposium 2010, Lausanne.
Bonalumi M., Anselmetti F.S., Kaegi R. und *Wüest A.* (2010): Particle dynamics in high-Alpine proglacial reservoirs modified by pumpstorage operation. Eingereicht bei Water Resources Research.
B+S (2009): Dotierversuche im Einzugsgebiet der KWO. Ermittlung und Beurteilung der landschaftsästhetischen Auswirkungen. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Bayer R).
Büsser P. (2010): Naturverlaichung der Bachforellen in Stein- und Triftwasser. Untersuchungen zur Ei-Entwicklung in Winter und Frühjahr 2009/2010. Bericht im Auftrag der KWO.
BVE (2006): Brienzersee: Ein Ökosystem unter der Lupe. Resultate des Forschungsprojekts zum Rückgang des Planktons und der Felchenerträge. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern.
BWU *Mathez* (2009a): Abflussüberwachung bei verschiedenen KWO-Fassungen im Winterhalbjahr 2008/2009. Bericht im Auftrag der KWO (Autorin Mathez C.).
BWU *Mathez* (2009b): Versickerungsmessungen beim Teuflauibach und Henglibach im Gental vom 11.9.2009. Bericht im Auftrag der KWO (Autorin Mathez C.).
BWU *Mathez* (2010): Abflussüberwachung bei verschiedenen KWO-Fassungen im Winterhalbjahr 2009/2010. Bericht im Auftrag der KWO (Autorin Mathez C.).
Döring (2010): Landscape transformation of an Alpine Floodplain influenced by water abstraction: Historical analysis from aerial images. Tagung Alpwater Scarce, Megéve, Frankreich, September 2010.
Dückelmann H. (2001): Seehöhen-Biomassen-Beziehung des Makrozoobenthos in österreichischen Fliessgewässern. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.
Finger D.C. (2006): Effects of hydropower operation and oligotrophication on internal processes in Lake Brienz. Diss. ETH No. 16827.
Finger D.C. (2007): Auswirkungen des Grimselsee-Ausbaus auf den Schwebstoffhaushalt und auf die Primärproduktion des Brienzersees. Vorhersage der Veränderungen im Ökosystem Brienzersee anhand von numerischen Modellen. Bericht im Auftrag der KWO.
Grimas U. & *Nilsson N.-A.* (1962): Nahrungsfauna und Kanadische Seeforelle in Berner Gebirgsseen. Schweiz. Z. Hydrol. 24: 49–75.
Haas R. & *Peter A.* (2009): Lebensraum Hasliaare 2009 – eine fischökologische Zustandserhebung zwischen Innertkirchen und Brienzersee. Eawag Kastanienbaum. KTI-Projekt: Nachhaltige Nutzung der Wasserkraft – Innovative Massnahmen zur Reduzierung der Schwall-Sunk-Problematik.
Herzog (2007): Umweltverträglichkeitsbericht Aufwertung KW Innertkirchen 1, 2. Etappe. Fachbereich Hydraulik der Oberflächengewässer. Bericht im Auftrag der KWO.
Heuberger N. & *Schweizer S.* (2009): Technischer Bericht: Test der aktuellen Version von HYDMOD-F bezüglich Schwall/Sunk. KWO-Bericht.
Heuberger N. & *Schweizer S.* (2010): Technischer Bericht: Test der aktuellen Version von HYDMOD-F bezüglich Restwasserbewertung. KWO-Bericht (noch in Bearbeitung).
Hunziker, Zarn & Partner (2007): Geschiebestudie Aare Innertkirchen. Auflandungsproblematik infolge des Murgangs Rotlaui in Guttannen. Bericht im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons Bern (Autor Schilling M.).
Hunziker, Zarn & Partner (2008): Geschiebetransport Gadmerwasser nach einer Reduktion der Bewirtschaftung des Kiessammlers Obermad. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Niedermayr A.).
Hunziker, Zarn & Partner (2009): Geschiebebewirtschaftung Gadmerwasser, Zwischenbericht. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Niedermayr A.).
LCH (2009): Hochwasser 2005. Hydrologisch-hydraulische Simulation unter Berücksichtigung verschiedener Füllgrade der Speicherseen der KWO. EPFL-LCH, Lausanne, Rapport LCH Nr. 13/2009, 18 Seiten. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Bieri M.).
LCH (2010): Abschätzung der dämpfenden Wirkung von grossmassstäblichen Uferrauheiten auf Schwall- und Sunkerscheinungen in der Hasliaare. EPFL-LCH, Lausanne, Rapport LCH Nr. 25/2010, 12 Seiten. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Bieri M.).
Limnex (2006): Auswirkungen eines höher gestauten Grimselsees auf das Ökosystem des unterliegenden Brienzersees. Bilanz der Modellrechnungen zu Nährstoff- und Schwebstoffhaushalt sowie zu Lichtklima und Primärproduktion. Weiterführende Schlussfolgerungen zur Entwicklung von Phyto- und Zooplankton sowie von Felchenbestand und –fang. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Baumann P.).
Limnex (2008): Restwasserführung in der Hasliaare. Gewässerökologische Untersuchungen von Hasliaare und Weisser Lütschine. Beurteilung einer zukünftigen Dotierung. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Baumann P.).
Limnex (2009): Schwall/Sunk in der Hasliaare. Gewässerökologische Untersuchung von Hasliaare und Lütschine. Beurteilung der Schwall-Auswirkungen in je zwei Strecken und Szenarien. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Baumann P.).
Limnex (2010): Schwall/Sunk in der Hasliaare – Anhang. Resultate von zusätzlichen Feldaufnahmen und Auswertungen sowie Zusammenstellung von Rohdaten als Ergänzung zum Bericht von Limnex (2009). Bericht im Auftrag der KWO (Autor Baumann P.).
Meile, T. (2008): Influence of macro-roughness of walls on steady and unsteady flow in a channel. Communication du Laboratoire de Constructions Hydrauliques n°36, EPFL, Ed. A. Schleiss, Lausanne.
Meyer M., Heuberger N. und *Nägeli-Grelik M.* (2008a): Absturzkartierung. Aare, Gadmerwasser, Gentalwasser. KWO-Bericht.
Meyer M. & *Heuberger N.* (2008b): Verrohrungskartierung der Urbachquellen. KWO-Bericht.
Meyer M. (2010): Möglichkeiten der Habitatoptimierung für die Seeforelle (Salmo trutta lacustris) im Einzugsgebiet des Brienzersees (Berner Oberland, Schweiz). Diplomarbeit an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe.
Müller, M. & *Schleiss, A.* (2009): Monitoring und Vorhersage der Sedimentation in Pumpspeicherwerken. 11. Treffen junger Wissenschafterinnen und Wissenschafter an Wasserbauinstituten 26.–29. August 2009, Lausanne, Schweiz: 115–120, ISSN 1661-1179.
Müller M., De Cesare G. und *Schleiss A.* (2010): Influence of pumped storage operation on flow conditions near intake/outlet structures: in situ measurement using ADCP. River Flow 1139-1145, Braunschweig, Deutschland, 8.–10. September 2010, ISBN 978-3-939230-00-7.
Paccaud G., Bonnard L., Gsteiger P. und *Roulier C.* (2009): Inclusion des zones alluviales reconstituées dans l'inventaire fédéral – Einschliessung der neu entstandenen Auen im Bundes-Inventar – Rapport (Bericht der Auenberatungsstelle). Yverdon-les-Bains. 20 pp.
Pfaundler M., Dübendorfer C., Pfammatter R. und *Zysset A.* (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime. Umwelt-Vollzug. Entwurf vom Oktober 2007. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, 104 S.
Pfaundler M, Dübendorfer C., und *Zysset A.* (2011): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern (noch in Bearbeitung).
Pfister P. (2003): Einfluss von Wasserentzug auf die Verbreitung und Häufigkeit der Rotalge Lemanea fluviatilis. Abstrakt. Ökologie und Wasserkraftnutzung, Tagungsband der internationalen Fachtagung in Innsbruck. Natur inTirol, Band 12: Seite 287.
Ribi J.-M., Boillat J.-L. und *Schleiss A.* (2010a): Fish behaviour during hydropeaking in a chan-

nel equipped with a lateral shelter. Proceedings of the 8th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2010): 675–682. COEX, Seoul, Korea, 12.–16. September 2010.

Ribi J.-M., Boillat J.-L. und *Schleiss A.* (2010b): Flow exchange between a channel and a rectangular embayment equipped with a diverting structure. River Flow: 665–671, Braunschweig, Deutschland, 8.–10. September 2010, ISBN 978-3-939230-00-7.

Schulz U. (1995): Untersuchungen zur Ökologie der Seeforelle (salmo trutta f. lacustris) im Bodensee. Dissertation Universität Konstanz, Hartung-Gorre Verlag.

Schweizer S., Neuner J., Ursin M., Tscholl H. und *Meyer M.* (2008): Ein intelligent gesteuertes Beruhigungsbecken zur Reduktion von künstlichen Pegelschwankungen in der Hasliaare. «Wasser Energie Luft», 2008 (3): 209–215.

Schweizer S., Neuner J. und *Heuberger N.* (2009): Bewertung von Schwall/Sunk – Herleitung eines ökologisch abgestützten Bewertungskonzepts. «Wasser Energie Luft» 2009 (3): 194–202.

Service Conseil Zones Alluviales (2010): Aue Obermad. Managementkonzept. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren Roulier C. und Paccaud G.).

Sigmaplan (2010a): Kraftwerke Oberhasli. Restwasserbericht mit Schutz- und Nutzungsplanung Vergrösserung Grimselsee. Mit einer Gesamtübersicht über sämtliche im Rahmen der Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG sowie des Investitionsprogramms KWOplus vorgesehenen gewässerökologischen Massnahmen und einer gewässerökologischen Gesamtbilanz im Anhang. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren Zeh Weissmann H. & Wagner T.).

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

Sigmaplan (2010c): Dotierversuche KWO 2008. Fotodokumentation. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren Dolder M., Wagner T. & Zeh Weissmann H.).

Sigmaplan (2010d): Bilanzierungsmethode für die Schutz- und Nutzungsplanung Vergrösserung Grimselsee und die Gesamtbilanz über sämtliche im Rahmen der Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG und des Investitionsprogramms KWOplus vorgesehenen gewässerökologischen Massnahmen. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren Zeh Weissmann H. & Wagner T.).

Technische Universität München (2007): Beruhigungsbecken Innertkirchen. Versuchsbericht des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft Obernach im Auftrag der KWO (Autoren Hartlieb A., Sperer A. und Rutschmann P.).

Thielen R., Tognola M., Roulier C. und *Teuscher F.* (2002): 2. Ergänzung des Bundesinventars der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Technischer Bericht. Schriftenreihe Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern. 143 Seiten.

Turner H., Kuiper J.G.J., Thew N., Bernasconi R., Rüetschi J., Wüthrich M. und *Gosteli M.* (1998): Atlas der Mollusken der Schweiz und Liechtensteins. Fauna Helvetica 2, herausgegeben vom Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel.

WFN (2000): Fische und Krebse des Kantons Bern. Studie im Auftrag des Fischereiinspektorats Kanton Bern.

Zumbrunn K. (2010): Mündliche Bestätigung des Sekretärs vom Fischereiverein Oberhasli, dass bisher kein Stranden von Fischen in der Aare zwischen Innertkirchen und Brienzersee beobachtet wurde.

Anschrift des Verfasser
Dr. *Steffen Schweizer,* Gewässerökologe
Kraftwerke Oberhasli AG
Postfach 63, CH-3862 Innertkirchen
Telefon +41 33 982 20 11
Tel. direkt +41 33 982 20 19
Mobil +41 76 491 61 29
sste@kwo.ch, www.grimselstrom.ch.