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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 104 (2012)

Heft: 1

Artikel: Ökologische Bilanzierungsmethoden für die Schutz- und Nutzungsplanung im Oberhasli

Autor: Schweizer, Steffen / Zeh Weissmann, Heiko / Wagner, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941867

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.01.2026

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

Ökologische Bilanzierungsmethode für die Schutz- und Nutzungsplanung im Oberhasli

Steffen Schweizer, Heiko Zeh Weissmann, Thomas Wagner, Sandra Brechbühl

Zusammenfassung

Eine Neuregelung der Konzessionsbedingungen kann prinzipiell auf zwei Arten erfolgen. Im ersten Fall wird an jeder Wasserfassung eine klar definierte Restwassermenge nach GSchG Art. 31–33 abgegeben. Im zweiten Fall kann eine Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) nach Art. 32 Bst. c GSchG erstellt werden. Die Anwendung einer SNP erlaubt es, an einzelnen Wasserfassungen geringere Mindestrestwassermengen abzugeben als an sich vorgeschrieben ist, sofern im selben, topografisch zusammenhängenden Gebiet ein entsprechender Ausgleich durch geeignete Massnahmen stattfindet. Neben höheren Restwasserabgaben an ausgewählten Fassungen können auch Fluss- und Auenrevitalisierungen, Ausdolungen und Massnahmen zur Verbesserung der Vernetzung berücksichtigt werden, sofern diese Massnahmen nicht ohnehin gesetzlich vorgeschrieben sind. Eine SNP wird nur dann genehmigt, wenn eine positive ökologische Bilanz verglichen mit einer Restwasserabgabe nach Art. 31–33 GSchG nachgewiesen ist. Der grosse Vorteil einer SNP liegt darin, einen möglichst sachgerechten Ausgleich zwischen den gewässerökologischen Anliegen und den Interessen an einer nicht übermässig geschmälerten Produktion von CO_2-freiem Strom zu finden. Insgesamt kann mit einer SNP sehr gut auf die lokalen Gegebenheiten eingegangen und so die ökologische Aufwertung optimiert werden – im Gegensatz zu klar definierten Restwassermengen nach GSchG Art. 31–33. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU, früher BUWAL) empfiehlt für die ökologische Bilanzierung eine eigens dafür entwickelte Methodik (Basler &Partner 2005). Da dieses Bewertungssystem v.a. für kleinere Einzugsgebiete ausgelegt und für die spezielle und komplexe Situation im Oberhasli nur bedingt geeignet ist, bedurfte es verschiedener Anpassungen. Die überarbeitete Bewertungsmethode wurde erfolgreich im Oberhasli angewendet und kann sowohl bei anderen Schutz- und Nutzungsplanungen als auch bei sonstigen gewässerökologischen Fragestellungen, v.a. als wirkungsvolle Unterstützung von partizipativen Prozessen, eingesetzt werden.

1. Einleitung

Das schweizerische Gewässerschutzgesetz (GSchG) sieht für die Erteilung einer neuen Konzession zur Wasserentnahme prinzipiell zwei Möglichkeiten vor:

(1) Eine klar definierte Restwasserregelung (Referenzzustand): Das GSchG geht an sich davon aus, dass an jeder einzelnen Wasserfassung eine bestimmte Mindestrestwassermenge abgegeben wird. Auf Basis des Niedrigwasserabflusses Q_{347} (Bestimmung nach Estoppey et al. 2000) wird die zu dotierende Restwassermenge bestimmt (Art. 31 Abs. 1 GSchG) und kann anhand von ökologischen und landschaftlichen Kriterien noch erhöht (Art. 31 Abs. 2 und Art. 33 GSchG) oder in Ausnahmefällen reduziert (Art. 32 GSchG) werden. Im Folgenden wird dieser Zustand als Referenzzustand bezeichnet und in *Bild 1* beispielhaft mit sechs roten Äpfeln symbolisiert (rechte Seite der Waage, jeder Apfel kann als eine Restwasserabgabe interpretiert werden).

(2) Im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) kann von den unter (1) erwähnten Vorgaben abgewichen und für einzelne Wasserfassungen eine geringere Mindestrestwassermenge festgelegt werden. Allerdings muss im selben, topografisch zusammenhängenden Gebiet von Wasserentnahmen bzw. -rückgaben ein entsprechender Ausgleich durch geeignete Massnahmen stattfinden (Art. 32 Bst. c GSchG). Möglich sind hierbei verschiedene Arten von Ausgleichsmassnahmen wie etwa über das gesetzliche Minimum hinausgehende Dotierungen an anderen Wasserfassungen, Fluss- und Auenrevitalisierungen, Verbesserungen der Durchgängigkeit usw. (siehe Ott et al. 2008, S. 5). Dabei muss im Vergleich mit dem Referenzzustand eine positive ökologische Bilanz resultieren. In *Bild 1* wird dieser Sachverhalt auf der linken Seite der Waage wie folgt dargestellt: Insgesamt befinden sich dort nur vier grüne Äpfel, womit die Abgabe von tieferen Restwassermengen symbolisiert wird. Mit den vier gelben Birnen, die für weitere gewässerökologische Aufwertungsmassnahmen stehen, wird eine positive ökologische Bilanz erreicht (die Waage schlägt nach links aus).

Eine SNP bedarf der Genehmigung des Bundesrats. Bis 2010 wurden in der Schweiz insgesamt 11 Schutz- und Nutzungsplanungen genehmigt (Bolliger et al. 2009). Der grosse Vorteil einer SNP liegt darin, dass verglichen mit dem Referenzzustand eine Optimierung der gewässerökologischen Situation bei einer gleichzeitigen Reduktion der Energieverluste erzielt werden kann.

Die Wahl der verschiedenen Früchte in *Bild 1* veranschaulicht die unterschiedliche Art der ökologischen Massnahmen: Es werden im wahrsten Sinne des Wortes «Äpfel mit Birnen verglichen». Um trotzdem einen möglichst objektiven Vergleich der beiden Zustände zu ermöglichen, bedarf es daher einer wissenschaftlich fundierten Bewertungsmethode, in der alle gewässerökologisch relevanten Aspekte berücksichtigt werden.

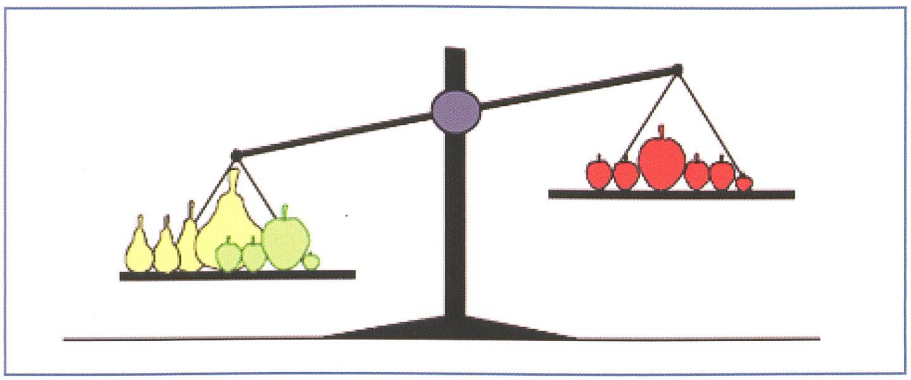

Bild 1. Schematische Darstellung der ökologischen Bilanz für eine Schutz- und Nutzungsplanung. Auf der rechten Seite der Waage ist der Referenzzustand (Restwasserregelung nach Art. 31–33 GSchG ohne SNP) dargestellt und auf der linken Seite der Zustand «SNP». Äpfel symbolisieren Restwasserabgaben, Birnen weitere gewässerökologische Aufwertungen. Nähere Erklärungen siehe Kap. 1.

Die gewässerökologische und landschaftliche Beurteilung von Referenzzustand und Situation mit SNP hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab:

- Restwasserführung
- Geschiebe- und Hochwasserdynamik
- Lebensraumbedingungen (Habitate) und Durchgängigkeit (longitudinale Vernetzung)
- Verbauungen und Ökomorphologie (vertikale und laterale Vernetzung)
- Auen (laterale Vernetzung)
- Wasserqualität (Nährstoffe, Trübung, Wassertemperatur, ...)
- Landschaftliche Aspekte
- Grundwasserhaushalt.

Im Vorfeld einer SNP muss einerseits das ökologische Minus bei Gewässerabschnitten mit geringerer Restwasserführung (verglichen mit dem Referenzzustand) bestimmt werden. Andererseits müssen ökologisch möglichst effiziente Aufwertungsmassnahmen abgeleitet und priorisiert werden. Daher bedarf es vorgängig umfassender Untersuchungen der Gewässer im SNP-Perimeter, wie:

- Langjährige Messungen des Niedrigwassers, die für die Bestimmung der Restwassermengen im Referenzzustand nötig sind (z.B. BWU Mathez 2009 und 2010).
- Dotierversuche (Abgabe von verschiedenen Restwassermengen an einer Fassung) liefern fundierte Erkenntnisse bezüglich Lebensraumbedingungen (Fliessgeschwindigkeit, Abflusstiefe, benetzte Breite), Durchgängigkeit und landschaftlicher Wirkung bei unterschiedlichen Dotierwassermengen (z.B. Sigmaplan 2010b und 2010c).
- Ortsbegehungen und Befragungen von Ortskundigen, Fischern, Experten und Behördenvertretern sowie Luftbildanalysen und Erhebungen zur Ökomorphologie geben wichtige Hinweise zur Geschiebe- und Hochwasserdynamik, Verbauung, Auenanbindungen und zur Durchgängigkeit (z.B. Meyer et al. 2008a, 2008b und 2010, Döring 2010, Zeh Weismann et al. 2009, Hunziker, Zarn & Partner 2009, Service Conseil Zones Alluviales 2010).
- Die chemische und physikalische Untersuchung von Wasserproben zeigt mögliche Probleme der Wasserqualität auf (z.B. Graw & Berg 2004).
- Biologische Untersuchungen zur aquatischen Flora und Fauna sind zwingend, um sowohl die Stellen mit den grössten Defiziten als auch die Abschnitte mit den bedeutendsten Potenzialen zu identifizieren. Ausserdem können weitere Rahmenbedingungen aufgezeigt werden wie z.B. das Vorkommen von seltenen und schützenswerten Arten (z.B. Limnex 2008, Büsser 2010).

Das Büro Ernst Basler & Partner hat im Auftrag des BUWAL (heute BAFU) eine Methode entwickelt, mit der die ökologische Bilanzierung einer SNP durchgeführt werden kann (Basler & Partner 2005). Die Methode basiert auf insgesamt 12 detaillierten und in ihrer Erhebung teilweise aufwändigen Indikatoren zu den Themen Habitate, Abflussregime, Ökomorphologie, Wasserqualität und Grundwasser, welche für alle Gewässerabschnitte in einem SNP-Perimeter einzeln bewertet werden müssen. Entsprechend eignet sich diese Methode vor allem für kleinere bis mittlere Einzugsgebiete mit wenigen zu beurteilenden Flussabschnitten.

2. Anpassung der vom BAFU empfohlenen Bewertungsmethode

Da sich die Schutz- und Nutzungsplanung im Oberhasli über ein sehr grosses Einzugsgebiet von rund 450 km^2 erstreckt und insgesamt über 60 relativ homogene Gewässerabschnitte im SNP-Perimeter zu bewerten sind, bedarf es einer Anpassung der vom BAFU empfohlenen Methode (Basler & Partner 2005) an die örtlichen Gegebenheiten (Sigmaplan 2010d).

Indikator SNP KWO plus	Gewichtungsfaktor SNP KWO plus	Vergleich mit BAFU-Methode (Basler & Partner 2005)	Bestimmung
I1 Restwasseranteil	20 %	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Quantitativ
I2 Hochwasser- und Geschiebedynamik			
I2a Fassungstyp und Überlaufmenge	5 %	Angepasst	Halb-quantitativ
I2b Seitenerosion	5 %	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Qualitativ
I3 Ökomorphologie	10 %	Angepasst	Halb-quantitativ
I4 Auen& Ufervegetation			
I4a Veränderung in der Länge	5 %	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Halb-quantitativ
I4b Veränderung in der Breite	10 %	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Halb-quantitativ
I5 Aquatische Habitate			
I5a Durchgängigkeit	5 %	Angepasst	Quantitativ
I5b Maximale Tiefe	10 %	Angepasst	Quantitativ oder halb-quantitativ
I5c Benetzte Breite	5 %	Analog BAFU-Methode	Quantitativ oder halb-quantitativ
I5d Maximale Fliessgeschwindigkeit	5 %	Angepasst	Quantitativ oder halb-quantitativ
I6 Landschaft			
I6a Vielfalt	10%	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Qualitativ
I6b Eigenart	5 %	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Qualitativ
I6c Ursprünglichkeit	5 %	Nicht in BAFU-Methode beschrieben	Qualitativ

Tabelle 1. Ausgewählte Indikatoren und deren Gewichtung.

2.1 Partizipativer Prozess

Im Sommer 2009 wurde zu den Ausbauprojekten innerhalb des Investitionsprogramms KWO plus vom Kanton Bern eine breit abgestützte Begleitgruppe mit Vertretern der kantonalen Fachstellen, der Umweltschutzverbände, der Politik, der Region und der KWO eingeleitet (Schweizer et al. 2012a).

Gemeinsam mit den kantonalen Fachstellen wurden folgende Punkte diskutiert und festgelegt:

- Auswahl, Wertebereiche und Gewichtungen der Indikatoren (*Tabelle 1 + 2*)
- Auswahl und Gewichtungsfaktoren der zu bewertenden homogenen Abschnitte *(Tabelle 3)*
- Definition des SNP-Perimeters.

Die angepasste Methodik wurde daran anschliessend mit Vertretern der Umweltschutzorganisationen besprochen und nochmals optimiert.

Das partizipative Vorgehen bei der Methodenentwicklung hat eine grösstmögliche Transparenz gewährleistet und so dazu geführt, dass das Bilanzierungssystem von allen Beteiligten getragen wird.

2.2 Auswahl der Indikatoren

Bei der Auswahl der Bewertungskriterien wurde darauf geachtet, dass sämtliche gewässerökologisch relevanten Aspekte für die ökologische Bilanzierung angemessen berücksichtigt werden. Insbesondere wurden Indikatoren ausgewählt und entwickelt, die Veränderungen in der gewäs-

Indikator	Klasse 0 sehr gut	Klasse 1 gut	Klasse 2 genügend bis gut	Klasse 3 beeinträchtigt	Klasse 4 stark beeinträchtigt	Klasse 5 naturfern
I1*	> 130 %	130 – 101 %	100 – 71 %	70 – 41 %	40 – 11 %	10 – 0 %
I2a	Natürliche Hochwasserdynamik	Naturnahe Hochwasserdynamik	Fassung an mind. 5 Tagen im Jahr geschlossen	Fassung an 1-4 Tagen im Jahr geschlossen od. > 3 km unterhalb Tirolerwehr ohne Becken	Wehrüberfall > 10 Tage/Jahr, Fassung nie geschlossen, > 3 km unterhalb Tirolerwehr mit Becken	Wehrüberfall < 10 Tage/Jahr, Fassung nie geschlossen, < 3 km unterhalb Tirolerwehr mit Becken od. Speichersee
I2b	Sehr hoher seitlicher Geschiebeeintrag	Natürlicher Geschiebetrieb, mittlerer seitlicher Geschiebeeintrag, keine Verbauungen	Naturnaher Geschiebetrieb, geringer seitlicher Geschiebeeintrag, keine Verbauungen	Geschiebetrieb gewährleistet, Seitenerosion nicht überall möglich	Eingeschränkter Geschiebetrieb, punktuelle Verbauungen od. Geschieberückhalt	Naturferner Geschiebetrieb, abschnittsweise Verbauungen, grosser Geschieberückhalt
I3**	Minus 2 Punkte	Minus 1 Punkt	Ist-Zustand	Plus 1 Punkt	Plus 2 Punkte	Plus 3 Punkte
I4a+	Länge der Auen-Massnahme > 30% des Bewertungsabschnitts	Länge der Auen-Massnahme 1 - 30% des Bewertungsabschnitts	0 % des Abschnitts	Hauptsächlich gewässerfremde Ufervegetation	Gewässerfremde Ufervegetation	Uferbereich vollständig verbaut
I4b	Breite der Auenmassnahme> 100 % Raumbedarf	Breite des Uferbereichs im Ist-Zustand um 200% vergrössert	Uferbereichsbreite im Ist-Zustand	Hauptsächlich gewässerfremde Ufervegetation	Gewässerfremde Ufervegetation	Uferbereich vollständig verbaut
I5a	Verbesserung um > 1000 m	Verbesserung um > 250 m	Ist-Zustand	Verkürzung 1 – 100 m	Verkürzung 101 – 250 m	Verkürzung > 250 m
I5b++	> 150 %	150 – 101 %	100 – 71 %	70 – 41 %	40 – 11 %	< 10 %
I5c++	> 150 %	150 – 101 %	100 – 71 %	70 – 41 %	40 – 11 %	< 10 %
I5d++	> 150 %	150 – 101 %	100 – 71 %	70 – 41 %	40 – 11 %	< 10 %
I6a	Weisswasser, Stromschnellen, Wirbel, Wellen, Gischt, stille Buchten, Bachrauschen, grossflächige (> 0.5 ha) oder linear (>100 m), optisch attraktiv wirkende Massnahme		durchgehende Benetzung	Fast durchgehende Benetzung, eingeschränkte Strömungsvielfalt.	Abschnittsweise Benetzung	Monotone Fliessverhältnisse, gestaut, trocken fallend, keine/ geringe Restwassermenge
I6b	Fliessgewässer als landschaftliches Schlüsselelement. Bei zu geringem Abfluss wird der Wert dieser Merkmale geschmälert.			Mittlerer Zusammenhang mit links aufgeführten Merkmalen	hoher Verlust an Eigenart, Störung durch technische Anlagen, fehlende typische Landschaftselemente, gesichts- und geschichtslos	
I6c	Fliessgewässer in unmittelbarer Verbindung mit grosser Naturbelassenheit der Landschaft. Eigenentwicklung erkennbar oder gefördert, wenig oder angepasste anthropogene Einflüsse. Bei zu geringem Abfluss wird der Wert der Naturlandschaft geschmälert.			wenig Naturnähe, Eigenentwicklung eingeschränkt	geringe Naturnähe; anthropogene Überformung ausgeprägt: gestaute, verbaute, kanalisierte, eingedolte u./o. trocken fallende Gewässer, kaum natürliche Eigenentwicklung	

Tabelle 2: Kurzbeschrieb der Indikatoren. Ein ausführlicher Beschrieb ist zu finden in Sigmaplan (2010d). * I1 Restwasser: Prozentangaben entsprechen dem Anteil an der Mindestwassermenge des Referenzzustands (Kap. 1). ** I3 Ökomorphologie: Verwendung des Modulstufenkonzepts Ökomorphologie Stufe F (Liechti et al. 1998, Hütte & Niederhauser 1998): Vergleich Referenzzustand (Kap. 1) mit Zustand nach Umsetzung einer Aufwertungsmassnahme oder mit Zustand bei geringerer Dotierung: Eine Verbesserung (resp. Verschlechterung) im Modulstufenkonzept um x Punkte führt zu einer Verbesserung (resp. Verschlechterung) um x Klassen im hier beschriebenen Bewertungssystem. + I4a Länge Auen & Ufervegetation: Bewertungsabschnitt = homogener Abschnitt siehe Kap. 1 und 2.3.; ++ I5b Maximale Tiefe, I5c Benetzte Breite, I5d Maximale Fliessgeschwindigkeit: Prozentangaben entsprechen dem Anteil verglichen mit der Situation beim Referenzzustand. Bei I5b ist die Situation bei Niedrigwasserabfluss, bei I5c und I5d die Situation beim mittleren Abfluss massgebend.

Abschnitts-gewichtung	Anteil an Gesamt-gewichtung	Klasse 1 gering	Klasse 2 gering - mittel	Klasse 3 mittel	Klasse 4 mittel - hoch	Klasse 5 hoch
G1 Natürlicher mittlerer Abfluss	30 %	< 100 l/s	100 – 500 l/s	500 – 1500 l/s	1500 – 5000 l/s	> 5000 l/s
G2 Abschnittslänge	30 %	< 500 m	500 – 1000 m	1000 – 2000 m	2000 – 5000 m	> 5000 m
G3 Ökologisches Potential	30 %	Nichtfischgewässer und in keinem Inventargebiet	Fischgewässer oder Nichtfisch-gewässer in Nachbarschaft zu Inventargebiet	Fischgewässer in LSG oder Nichtfischgewässer in BLN oder NSG	Fisch-gewässer in BLN, NSG oder Auen von regionaler Bedeutung	Fischgewässer in Aue von nationaler Bedeutung oder mit seltenen Arten
G4 Landschaftliche Bedeutung						
G4a Landschaftserleben	4 %	Gewässerabschnitt ohne Erholungswert, ohne touristische Bedeutung		Mittleres Landschaftserleben, Lokale Bedeutung für Naherholung, wenige Touristen	(Über-)regionale Bedeutung, attraktiver Abschnitt mit Erholungswert, viele Touristen, naturnaher Abfluss	
G4b Erreichbarkeit	3 %	> 200 m Distanz zu Wanderweg o. Strasse, > 60 Min. Distanz zu Parkplatz o. Haltestelle, Gewässer nicht zugänglich		100 - 200 m Distanz zu Wanderweg o. Strasse, 15 - 60 Min. Distanz zu Parkplatz o. Haltestelle, Gewässer eingeschränkt zugänglich	< 100 m Distanz zu Wanderweg o. Strasse, < 15 Min. Distanz zu Parkplatz o. Haltestelle, Gewässer gut zugänglich	
G4c Einsehbarkeit	3 %	Blickdistanz > 200 m, Wasserführung nicht einsehbar, Bachrauschen nicht zu hören		Blickdistanz 100 - 200 m, Wasserführung bedingt, einsehbar, Bachrauschen leicht zu hören	Aussichtspunkt aufs Gewässer; Blickdistanz < 100 m, Wasserführung gut einsehbar, Gewässer als landschaftliches Schlüsselelement	

Tabelle 3. Verwendete Abschnittsgewichtungen. Ein ausführlicher Beschrieb ist zu finden in Sigmaplan (2010d). LSG = Landschaftsschutzgebiet, NSG = Naturschutzgebiet, BLN =Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung.

serökologischen Situation durch Mehrnutzungen (geringere Restwassermengen) oder Ausgleichsmassnahmen (wie z.B. höhere Dotierwassermengen oder Flussrevitalisierungen) gesamtheitlich erfassen. Zum Beispiel ändern sich die Lebensraumbedingungen wie Abflusstiefe und Fliessgeschwindigkeit direkt mit dem Abfluss oder mit Änderungen in der Flussmorphologie. Für die Auswahl und Entwicklung der Indikatoren diente die BAFU-Methode (Basler & Partner 2005) als Grundlage. Die in dieser Methode vorgeschlagenen Bewertungskriterien, die für den interessierenden SNP-Perimeter kaum oder gar nicht relevant sind, wurden nicht übernommen – z.B. ist die Wasserqualität in den von den Kraftwerken Oberhasli beeinflussten Gewässerabschnitten bereits heute sehr gut und wird sich bei einer Erhöhung der Restwassermengen nur unwesentlich verändern. Andere Indikatoren wurden an die Verhältnisse im Oberhasli angepasst, z.B. I2 «Hochwasser- und Geschiebedynamik». Die ausgewählten Indikatoren sind in *Tabelle 1* dargestellt.

Bei der Festlegung der Wertebereiche wurde die Systematik der BAFU-Methode (Basler & Partner 2005) mit einem Malus-System (anhand von Belastungspunkten) übernommen: Jeder Indikator weist sechs Bewertungsklassen auf, wobei Klasse 0 den besten und Klasse 5 den schlechtesten ökologischen Zustand beschreiben *(Tabelle 2)*. Bei der Klasseneinteilung wurde so weit möglich auch auf die BAFU-Methodik (Basler & Partner 2005) zurückgegriffen.

Jeder homogene Abschnitt im SNP-Perimeter (vgl. Kap. 2.3) wird anhand der Indikatoren aus *Tabelle 2* bewertet. Der hydrologische Zustand wird jeweils für die Mitte eines Abschnitts berechnet und für die Indikatoren I1 und I5 verwendet. Die Indikatoren I2, I3, I4 und I6 werden über den ganzen Abschnitt bewertet. Die seitlichen Zuflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet werden für die Indikatoren I1, I2, I5 und I6 mitberücksichtigt – bei den Indikatoren I3 und I4 spielen diese hingegen keine Rolle.

2.3 Homogene Abschnitte und deren Gewichtungen

Innerhalb des SNP-Perimeters (vgl. Kap. 1) werden alle von der Schutz- und Nutzungsplanung beeinflussten Fliessgewässer bestimmt, d.h. alle Restwasserstrecken und alle Abschnitte, wo Aufwertungsmassnahmen erfolgen. Die ausgewählten Fliessgewässer werden anschliessend in homogene Abschnitte unterteilt, die bezüglich Hydrologie, Morphologie, Ufervegetation und Gewässerfauna eine ähnliche Charakteristik aufweisen. Da sich die einzelnen homogenen Abschnitte hinsichtlich ihrer ökologischen Bedeutung z.T. deutlich unterscheiden (z.B. ein kleines Seitengewässer gegenüber einem Hauptgewässer im Tal), bedarf es noch einer Gewichtung der einzelnen Abschnitte. Diese Gewichtung erfolgt anhand der vier Kriterien, die in *Tabelle 3* beschrieben sind. Aufgrund der hohen touristischen Nutzung des Oberhasli wurde im Vergleich zur BAFU-Methode (Basler & Partner 2005) auch die landschaftliche Bedeutung eines Abschnitts (G4) für dessen Gewichtung mit aufgenommen. Die Gewichtungsfaktoren G1 «Natürlicher Mittlerer Abfluss» und G2 «Abschnittslänge» sind ausgehend von der BAFU-Methode leicht angepasst worden, G3 «Ökologisches Potenzial» wurde konkretisiert.

2.4 Durchführung der Gesamtbewertung

Nachdem alle von einer SNP beeinflussten Gewässerabschnitte definiert sind, werden die beiden Zustände «Referenzzustand» (Restwasserregelung nach Art. 31–33 GSchG ohne SNP) und «Zustand SNP» (vgl. Kap. 1) bewertet.

Für den Referenzzustand werden zuerst die an sich vorgeschriebenen Dotierwassermengen bestimmt (nach den in

Indikator / Abschnitts-gewichtung	Bewertung Ist-Zustand = Zustand SNP (keine Restwasserdotierung)		Bewertung Referenzzustand (mit Abfluss nach Art. 31-33 GSchG)		Differenz Referenz-zustand minus Ist-Zustand
I1 Restwasseranteil	60 l/s von 345 l/s = 17%	4	345 l/s von 345 l/s = 100 %	2	-2
I2a Fassungstyp und Überlaufmenge	Naturferne Hochwasser- und Geschiebedynamik	5	Naturferne Hochwasser- und Geschiebedynamik	5	0
I2b Seitenerosion	Hoher seitlicher Geschiebeeintrag	1	Hoher seitlicher Geschiebeeintrag	1	0
I3 Ökomorphologie	Stark beeinträchtigt: abschnittsweise Verbauungen, reduzierte Breiten- und Tiefenvariabilität aufgrund geringem Abfluss	4	Breiten- und Tiefenvariabilität erhöht gegenüber Ist-Zustand aufgrund höherer Restwassermenge	2	-2
I4a Auen Veränderung in der Länge	0 % des Abschnitts betroffen	2	0 % des Abschnitts betroffen	2	0
I4b Auen Veränderung in der Breite	0 % des Abschnitts betroffen	2	0 % des Abschnitts betroffen	2	0
I5a Durchgängigkeit	Keine Veränderung	2	Keine Veränderung	2	0
I5b Maximale Tiefe	11 – 40 %	4	100%	2	-2
I5c Benetzte Breite	11 – 40 %	4	100%	2	-2
I5d Maximale Fliessgeschwindigkeit	11 – 40 %	4	100%	2	-2
I6a Landschaftliche Vielfalt	Beeinträchtigt wegen Restwasserstrecke. Ausserdem dominante Staumauern, Deponie und Räterichsboden-Stausee	5	Keine Beeinträchtigung aufgrund der Restwasserführung aber dominante Staumauern, Deponie und Räterichsboden-Stausee.	2	-3
I6b Landschaftliche Eigenart		4		2	-2
I6c Landschaftliche Ursprünglichkeit		5		2	-3
Gewichteter Mittelwert I1-I6 (vgl. Tab.1)		***3.7***		***2.1***	***-1.6***
G1 Natürlicher mittlerer Abfluss	5900 l/s (> 5000 l/s)	5	5900 l/s (> 5000 l/s)	5	0
G2 Abschnittslänge	1040 m (1000 bis 2000 m)	3	1040 m (1000 bis 2000 m)	3	0
G3 Ökologisches Potential	BLN, NSG, Fischgewässer	4	BLN, NSG, Fischgewässer	4	0
G4 Landschaftliche Bedeutung	Mittlere Erreichbarkeit und Einsehbarkeit	3	Mittlere Erreichbarkeit und Einsehbarkeit	3	0
Gewichteter Durchschnitt der Abschnittsgewichte G1-G4 (vgl. Tab.3)		***3.9***		***3.9***	***0***
Mit Abschnittsgewichtung bereinigte Abschnittsbewertung*		**4.8**		**2.8**	**-2.0 (Ökopunkte)**

Tabelle 4a. Beispiel der Bewertung eines Abschnitts mit einer «Mehrnutzung» (Bild 2a): Hasliaare unterhalb vom Grimselsee bis zum Räterichsbodensee ohne Dotierung aber mit Berücksichtigung der Zuflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet (60 l/s). Da der Abschnitt bereits heute einer «Mehrnutzung» unterworfen ist (keine Restwasserabgabe) wird und im Rahmen der SNP auf diesem Abschnitt keine Massnahmen geplant sind, entspricht der Zustand mit SNP dem heutigen Zustand. * = Aufgrund der verschieden starken Gewichtungen der einzelnen Abschnitte hat deren Bewertung einen unterschiedlich grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Deshalb wird die anhand der Indikatoren durchgeführte Abschnittsbewertung mit der Abschnittsgewichtung bereinigt (weitere Erläuterungen in Kap. 2.6).

Kap. 1 erwähnten Vorgaben der Art. 31–33 GSchG) und mit diesen Abflusswerten die gewässerökologische Situation in jedem homogenen Abschnitt anhand der Indikatoren I1 bis I6 bewertet (Kap. 2.2). Dabei gehen die Indikatoren mit den in *Tabelle 1* angegebenen Gewichtungen in die Gesamtbewertung eines Abschnitts ein. Für den Referenzzustand nehmen die Indikatoren I1, I3, I4 und I5 automatisch die Klasse 2 an, während die Indikatoren I2 und I6 Werte von Klasse 0 bis 5 einnehmen können. Nachdem alle homogenen Abschnitte bewertet sind, wird anhand der Abschnittsgewichtungen (Kap. 2.3) der Durchschnittswert über alle Abschnitte ermittelt.

Für den Zustand SNP wird entsprechend dem Referenzzustand vorgegangen, nur dass hier die geänderten Rahmenbedingungen hinsichtlich Dotierwassermengen und sonstigen Aufwertungsmassnahmen bewertet werden. Auch hier wird wieder der Mittelwert über alle Abschnitte bestimmt.

Der Vergleich der beiden Durchschnittswerte von Referenzzustand und SNP ermöglicht eine sachliche Abwägung, ob mit einer SNP eine positive ökologische Bilanz vorliegt. Da bei der Anwendung der Indikatoren eine nicht zu vernachlässigende Unsicherheit bzgl. der vorhandenen Daten und bzgl. qualitativer Beurteilungen besteht, sollte eine Verbesserung des ökologischen Gesamtzustands um mindestens 5% angestrebt werden.

Häufig sind vorgeschlagene Ersatzmassnahmen zum Zeitpunkt der Eingabe wegen fehlendem Landbesitz und/

Indikator / Abschnitts-gewichtung	**Ist-Zustand**		**Referenzzustand** (Abfluss nach Art. 31-33 GSchG)		**SNP-Zustand** (Dotation und Revitalisierung)		**Differenz Ist-Zustand minus SNP-Zustand**
I1 Restwasseranteil	30 l/s von 190 l/s = 16%	4	190 l/s von 190 l/s = 100 %	2	185 l/s von 190 l/s = 97 %	2	+2
I2a Fassungstyp und Überlaufmenge	Wehrüberfall > 10 Tage/Jahr	4	wie Ist-Zustand	4	wie Ist-Zustand	4	0
I2b Seitenerosion	Eingeschränkt	4	wie Ist-Zustand	4	Aufgrund Auenrevitalisierung sehr hoher seitlicher Geschiebeeintrag	0	+4
I3 Ökomorphologie	-1 Punkt Modulstufenkonzept Ökomorphologie	3	Keine Veränderung	2	+ 2 Punkte bei Modulstufenkonzept Ökomorphologie	0	+3
I4a Auen Veränderung in der Länge	0 % des Abschnitts betroffen	2	wie Ist-Zustand	2	Länge der Massnahme > 30 % des Abschnitts	0	+2
I4b Auen Veränderung in der Breite	0 % des Abschnitts betroffen	2	wie Ist-Zustand	2	Breite der Auenmassnahme > 100 % Raumbedarf	0	+2
I5a Durchgängigkeit	Keine Veränderung	2	Keine Veränderung	2	Verbesserung um > 1000 m	0	+2
I5b Maximale Tiefe	11-40% verglichen mit Referenzzustand	4	100 %	2	> 150 % verglichen mit Referenzzustand	0	+4
I5c Benetzte Breite	41-70% verglichen mit Referenzzustand	3	100 %	2	> 150 % verglichen mit Referenzzustand	0	+3
I5d Maximale Fliessgeschwindigkeit	11-40% verglichen mit Referenzzustand	4	100 %	2	> 150 % verglichen mit Referenzzustand	0	+4
I6a Landschaftliche Vielfalt	Aufgrund geringer Restwasserführung landschaftlich beeinträchtigt	3	Abschnitt mit mittlerer Vielfalt, Eigenart und Ursprünglichkeit	2	Die Neuschaffung der Auenlandschaft „Obermad“ führt zu grossen bis sehr grossen Aufwertungen bezüglich Vielfalt, Eigenart und Ursprünglichkeit.	1	+2
I6b Landschaftliche Eigenart		3		2		1	+2
I6c Landschaftliche Ursprünglichkeit		3		2		0	+3
Gewichteter Mittelwert I1-I6 (vgl. Tab.1)		***3.3***		***2.2***		***0.8***	***+2.5***
G1 Natürlicher mittlerer Abfluss	2200 l/s (1500 – 5000 l/s)	4	wie Ist-Zustand	4	wie Ist-Zustand	4	0
G2 Abschnittslänge	1230 m (1000 – 2000 m)	2	wie Ist-Zustand	2	wie Ist-Zustand	2	0
G3 Ökologischer Potential	Fischgewässer	2	wie Ist-Zustand	2	Fischgewässer, mit Auenlandschaft „Obermad“ wird eine Aue von nationaler Bedeutung angestrebt	5	+3
G4 Landschaftliche Bedeutung	Mittlere Erreich- und Einsehbarkeit	2	wie Ist-Zustand	2	Gut einsehbar, hoher Erholungswert	4	+2
Gewichteter Durchschnitt der Abschnittsgewichte G1-G4 (vgl. Tab.3)		***2.6***		***2.6***		***3.7***	***+1.1***
Mit Abschnitts-gewichtung bereinigte Abschnitts-bewertung*		**2.8**		**2.0**		**0.4**	**+2.4**

Tabelle 4b. Beispiel der Bewertung eines Abschnitts mit einem «Mehrschutz»: Steinwasser mit Dotierung und Flussrevitalisierung im Bereich Obermad (Bild 2b). * = Aufgrund der verschieden starken Gewichtungen der einzelnen Abschnitte hat deren Bewertung einen unterschiedlich grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Deshalb wird die anhand der Indikatoren durchgeführte Abschnittsbewertung mit der Abschnittsgewichtung bereinigt (weitere Erläuterungen in Kap. 2.6).

oder fehlender Genehmigungen noch nicht völlig gesichert. Damit trotzdem eine SNP durchgeführt und zeitnah eingereicht werden kann, hat sich im Oberhasli die Sammlung von weiteren (bereits bewerteten) Massnahmen in einem Reservepool bewährt. Dieses Vorgehen wurde mit den zuständigen Ämtern abgesprochen.

Prinzipiell können mit dieser Methode nicht nur der Referenz- und der SNP-Zustand bewertet werden sondern auch weitere ökologische Situationen wie

z.B. der Ist-Zustand, mögliche Szenarien einer Restwassersanierung nach Art. 80ff. GSchG (Broder et al. 2000) oder kantonale Gewässerplanungen.

2.5 Prinzip Ökopunkte

Der Nachweis einer positiven ökologischen Bilanz kann sowohl mit einer (gewichteten) Mittelwertbildung über alle Abschnitte (Kap. 2.4) als auch über Ökopunkte erbracht werden.

Dafür wird zusätzlich zu den Bewertungen aus Kap. 2.4 auch der Ist-Zustand für alle zu bewertenden Abschnitte bestimmt. Für jeden Abschnitt ergibt die Differenz zwischen der Bewertung des Ist-Zustands und dem Referenzzustand die «ökologische Schuld» in Form von (negativen oder zu erbringenden) Ökopunkten. Die Summe aller negativen Ökopunkte ergibt dann das Niveau, das mit Dotierungen und weiteren gewässerökologischen Ausgleichsmassnahmen mindestens erreicht werden muss, damit die ökologische Bilanz positiv ausfällt.

Für den Zustand SNP wird entsprechend dem Referenzzustand vorgegangen, nur dass in diesem Fall die geänderten Rahmenbedingungen hinsichtlich Dotierwassermengen und sonstigen SNP-Massnahmen bewertet werden. Auch hier wird dann für jeden Abschnitt die Differenz zwischen dem Zustand mit den SNP-Massnahmen und der Bewertung des Ist-Zustands berechnet. Diese Differenzen entsprechen den positiven Ökopunkten, die dem Ausgleich der «ökologischen Schuld» dienen.

Die Bewertung einzelner SNP-Massnahmen anhand von Ökopunkten hängt von der Anzahl der Massnahmen in einem homogenen Gewässerabschnitt (Kap. 2.3) und der Anzahl der durch eine Massnahme beeinflussten Abschnitte ab. Es können z.B. mehrere (kombinierte und aufeinander abgestimmte) Massnahmen wie Dotierungen und Flussrevitalisierungen in einem Abschnitt geplant sein oder eine Massnahme beeinflusst mehrere Abschnitte (z.B. eine Dotierung kann sich auf mehrere flussabwärtsgelegene Abschnitte auswirken oder eine Auenrevitalisierung erstreckt sich über mehrere Abschnitte). Im einfachsten Fall wird ein Abschnitt von genau einer Massnahme beeinflusst und diese Massnahme erstreckt sich auch nur auf diesen einen Abschnitt. Dann entspricht die Differenz aus den Bewertungen mit Realisierung der Massnahme (Zustand SNP) und dem Ist-Zustand dem Wert der Massnahme dargestellt in Form von Ökopunkten. Sind mehrere Massnahmen in einem Abschnitt vorgesehen, wird die ökologische Verbesserung aller Massnahmen bei der Abschnittsbewertung berücksichtigt. Anschliessend muss die Differenz zum Ist-Zustand (also die erhaltenen Ökopunkte) auf die verschiedenen Massnahmen aufgeteilt werden. Da häufig Synergieeffekte zu erwarten sind bzw. angestrebt werden, sollte die Aufteilung der Ökopunkte auf die einzelnen Massnahmen durch Experten abgeschätzt werden.

2.6 Anwendungsbeispiele

Die *Tabellen 4a* und *4b* erläutern anhand eines Abschnitts mit «Mehrnutzung» (Aare unterhalb vom Grimselsee bis zum Räterichsbodensee ohne Dotierung, *Tabelle 4a*) und eines Abschnitts mit «Mehrschutz» (Steinwasser mit Dotierung und Flussrevitalisierung, *Tabelle 4b*) beispielhaft die Anwendung des Bewertungssystems.

Die jeweiligen homogenen Abschnitte werden anhand der Gewichtungsfaktoren in der Gesamtbewertung unterschiedlich stark berücksichtigt (Kap. 2.3). Dies führt dazu, dass eine Aufwertungsmassnahme in einem Abschnitt mit hoher ökologischer und landschaftlicher Bedeutung (und damit mit einer vergleichsweise hohen Abschnittsgewichtung) stärker im Gesamtergebnis berücksichtigt wird, als wenn die gleiche Massnahme in einem ökologisch weniger bedeutsamen Abschnitt umgesetzt wird. Ökologisch lässt sich dies begründen, da im ersten Fall ein höheres ökologisches Verbesserungspotenzial vorliegt und so die gleiche Massnahme dort eine höhere ökologische Wirkung erzielen wird.

In *Tabelle 4a* und *4b* wird die Abschnittsbewertung jeweils in drei Schritten durchgeführt:

1. Der jeweilige Gewässerabschnitt wird anhand aller sechs Indikatoren bewertet und daraus der Mittelwert gebildet (Zeile «Gewichteter Mittelwert I1-I6»).
2. Daran anschliessend wird die Gewichtung des Abschnitts bestimmt (Zeile «Gewichteter Durchschnitt der Abschnittsgewichte G1–G4»).
3. Die Verknüpfung der Ergebnisse von Schritt 1 und 2 ergibt die endgültige Abschnittsbewertung (Zeile «Mit Abschnittsgewichtung bereinigte Abschnittsbewertung*»).

Prinzipiell verstärken Abschnitte mit einem hohem Gewicht (vgl. Schritt 2) die absolute

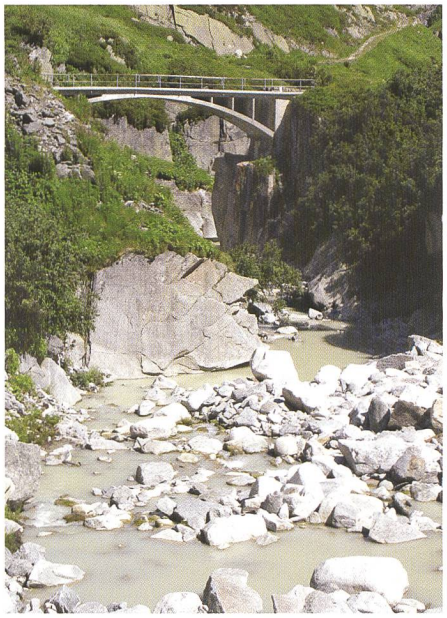

Bild 2a. Abschnitt Hasliaare unterhalb Grimselsee ohne Dotierung.

Bild 2b. Lage der künftigen Aue Obermad. Das Steinwasser verläuft links oben im Foto. Foto Dr. H.P. Tscholl.

Bewertung (Schritt 1) sowohl in die positive als auch in die negative Richtung – schwach gewichtete Flussstrecken dämpfen hingegen die Abschnittsbewertung.

Im ersten Beispiel *(Tabelle 4a)* wird der Abschnitt unterhalb des Grimselsees anhand der Indikatoren für den Ist-Zustand, den Referenzzustand und den Zustand SNP bewertet. Da in diesem Abschnitt beim Zustand SNP keinerlei Veränderungen zum heutigen Zustand vorgesehen sind (keine Restwasserabgabe und keine anderen Ausgleichsmassnahmen), werden beide Zustände identisch mit 3.7 bewertet. Aufgrund höherer Restwassermengen schneidet der Referenzzustand mit 2.1 deutlich besser ab. Wird in einem zweiten Schritt auch die Gewichtung (Bedeutung) des Abschnitts mitberücksichtigt, zeigt sich, dass es sich bei dieser Fliessstrecke vor allem bezüglich mittlerem natürlichem Abfluss (G1) und ökologischem Potenzial (G3) um einen relativ bedeutenden Abschnitt handelt.

Dementsprechend verändern sich die Bewertungen für die verschiedenen Situationen: 4.8 für Ist- und SNP-Zustand sowie 2.8 für den Referenzzustand. Daraus resultiert eine Differenz von SNP- zum Referenzzustand von 2.0. Diese bereinigte Differenz entspricht 2.0 Ökopunkten, die durch gleichwertige ökologische Verbesserungen andernorts ausgeglichen werden muss.

Im zweiten Beispiel *(Tabelle 4b)* wird ein Abschnitt mit einem «Mehrschutz» bewertet. Die Restwassermenge (185 l/s von 190 l/s) beim Zustand SNP entspricht in diesem Fall etwa den Vorgaben des Referenzzustands. Mit einer grossflächigen Auen- und Flussrevitalisierung «Obermad» können starke Verbesserungen hinsichtlich Ökomorphologie (Indikator 3), Auen (Indikator 4), Durchgängigkeit (Indikator 5a), aquatischer Lebensräume (Indikatoren 5b bis 5d) und der landschaftlichen Wirkung (Indikatoren 6) erzielt werden. Dies schlägt sich bei der Gesamtbewertung ohne Berücksichtigung der Abschnittsgewichte mit Werten von 3.3 (Ist-Zustand), 2.2 (Referenzzustand) und 0.8 (Zustand SNP) nieder. Die Abschnittgewichtung bewirkt auch hier eine Verschiebung der Bewertungen für die einzelnen Zustände. Für den Zustand SNP resultiert eine positive Bilanz gegenüber dem Ist-Zustand von 2.4 Punkten. Allerdings liegt in diesem Abschnitt wegen heute fehlender Restwasserabgabe ein ökologisches Defizit von 0.8 Punkten (Ist-Zustand 2.8 minus Referenzzustand 2.0) vor. Dementsprechend bewirkt die Auenrevitalisierung «Obermad» in diesem Abschnitt insgesamt ein Plus an 1.6 Ökopunkte verglichen mit dem Referenzzustand. Diese 1.6 Ökopunkte stehen für einen ökologischen Ausgleich an anderer Stelle zur Verfügung.

Da die Neuschaffung der Auenlandschaft «Obermad» das Niveau einer Aue von «Nationaler Bedeutung» (Thielen et al. 2002) anstrebt und auch die landschaftliche Attraktion gesteigert wird, erhöhen sich in diesem Beispiel die Abschnittsgewichtungsfaktoren G3 und G4, d.h. dieser Abschnitt wird im Zustand SNP etwas stärker gewichtet als im Referenz- und Ist-Zustand.

3. Anwendung der Methode im Oberhasli

Durchführung der Bewertung

Die Bewertung wurde von der Sigmaplan AG gemeinsam mit der Abteilung Gewässerökologie von der KWO bei jedem Abschnitt vor Ort durchgeführt. Neben Feldbeobachtungen stützte sich die Bewertung auf Fachberichte, vorhandene Messdaten, Inventare und Expertenbefragungen ab.

Anwendungsbereiche der Methode

Das KWO plus Ausbauprojekt «Vergrösserung Grimselsee» bedingt eine neue Wasserentnahmebewilligung für einzelne bestehende Fassungen und damit eine umfassende Neubeurteilung der Restwassersituation. Für diese Neubeurteilung wurde eine formale SNP erstellt.

Gleichzeitig wurde sich im Begleitgruppenprozess darauf verständigt, die hier beschriebene Methode auch als Bewertungsinstrument für die Restwassersanierung nach Art. 80 GSchG und die gewässerökologischen Massnahmen in Zusammenhang mit den übrigen zwei Ausbauprojekten «Tandem» und «Grimsel 3» anzuwenden. Für diese beiden Ausbauprojekte ist keine neue Wasserentnahmebewilligung erforderlich. Alle drei Ausbauprojekte «Vergrösserung Grimselsee», «Tandem» und «Grimsel 3» sind in Schweizer et al. 2012a kurz beschrieben.

Insgesamt wurden mit der hier beschriebenen Methode sechs verschiedene Zustände bewertet:

- Ist-Zustand (1)
- Referenzzustand (2)
- Zustand nach Umsetzung der Restwassersanierung (Schweizer & Zeh Weissmann 2011) (3)
- Zustand mit Massnahmen im Rahmen der Restwassersanierung und der KWO plus Ausbauprojekte «Tandem» und «Grimsel 3» (4)
- Zustand «Gesamtbilanz KWO plus» mit Massnahmen im Rahmen der Restwassersanierung und der KWO plus Ausbauprojekte «Tandem», «Grimsel 3» und «Vergrösserung Grimselsee» (5)
- Zustand «SNP Vergrösserung Grimselsee» (6)

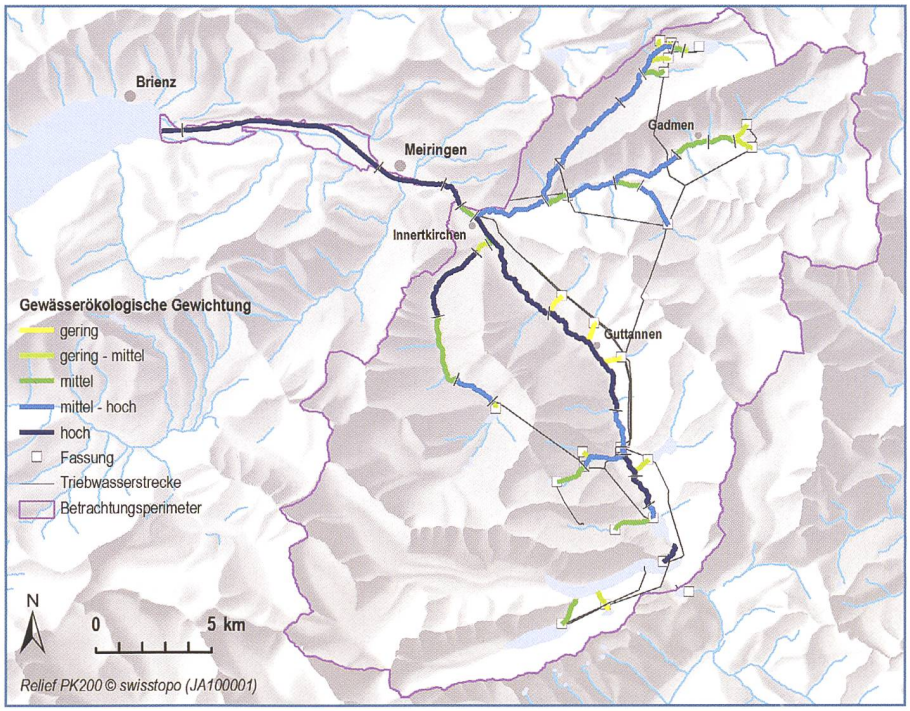

Bild 3. Homogene Abschnitte im Perimeter Gesamtbilanz KWO plus. Die gewässerökologische Gewichtung entspricht der Zusammenfassung der Gewichtungsfaktoren G1 = Mittlerer natürlicher Abfluss, G2 = Abschnittslänge, G3 = Ökologisches Potenzial und G4 = Landschaftliche Bedeutung (vgl. Kap. 2.3). Die violette Linie kennzeichnet den Betrachtungsperimeter.

Die Zustände (1) bis (4) spielten eine entscheidende Rolle im Begleitgruppenprozess zu den KWO plus Ausbauprojekten «Tandem» und «Grimsel 3». Diese beiden Ausbauprojekte haben ausschliesslich einen Einfluss auf die gewässerökologische Situation im Aaretal. Es konnte gezeigt werden, dass die ökologischen Massnahmen von Restwassersanierung, «Tandem» und «Grimsel 3» wertmässig dem entsprechen, was für eine Neukonzessionierung der Wasserkraftnutzung im Aaretal erforderlich wäre (Schweizer et al. 2012a). Kommen die gewässerökologischen Ausgleichsmassnahmen zur Vergrösserung des Grimselsees zusätzlich hinzu (Zustand 5), wird das Niveau einer Neukonzessionierung der gesamten KWO (Aaretal und Gadmertal) erreicht. Zustand (6) entspricht der formalen SNP zur Vergrösserung des Grimselsees.

Aus Übersichtlichkeitsgründen wird hier nur auf den Ist-Zustand (1), den Referenzzustand (2) und den Zustand mit Massnahmen im Rahmen der Restwassersanierung und aller KWO plus Projekte (Zustand 5, im folgenden «Zustand Gesamtbilanz KWO plus» genannt) näher eingegangen. Bei den Massnahmen für den Zustand Gesamtbilanz KWO plus handelt es sich um Restwasserabgaben, Fassungsaufgaben, Fluss- und Auenrevitalisierungen, künftige Nutzungsverzichte sowie Massnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit, des Geschiebehaushalts und der landschaftlichen Wirkung (Sigmaplan 2010a und 2010e, Schweizer et al. 2012b).

Perimeter für Gesamtbilanz KWO plus

Die Festlegung des Perimeters *(Bild 3)* orientierte sich an den hydrologischen und topographischen Gegebenheiten im Oberhasli. Zusätzlich zum Einzugsgebiet der KWO wurde auch das Aaretal zwischen Innertkirchen (Wasserrückgabe) und dem Brienzersee mit aufgenommen, da die Aare in diesem Bereich durch künstliche Pegelschwankungen (Schwall/Sunk) vom Kraftwerksbetrieb beeinflusst wird.

Abschnittsgewichte

Insgesamt wurden im Perimeter 62 homogene Abschnitte ausgewiesen. Die Verteilung der Abschnittsgewichte (Kap. 2.3) ist für die Kriterien G1 «Mittlerer natürlicher Abfluss» und G2 «Länge des Abschnitts» relativ gut ausgeglichen *(Bild 4)*. Für die Gewichte G3 «Ökologisches Potenzial» und G4 «Landschaftliche Bedeutung» ist jeweils die Klasse 5 etwas weniger häufig vertreten. Dies lässt sich auf die jeweils strenge Definition der Klasse 5 *(Tabelle 3)* zurückführen. Die Verteilung der Abschnittsgewichte bestätigt insgesamt eine ausgewogene und zielgerechte Wahl der Klassengrenzen.

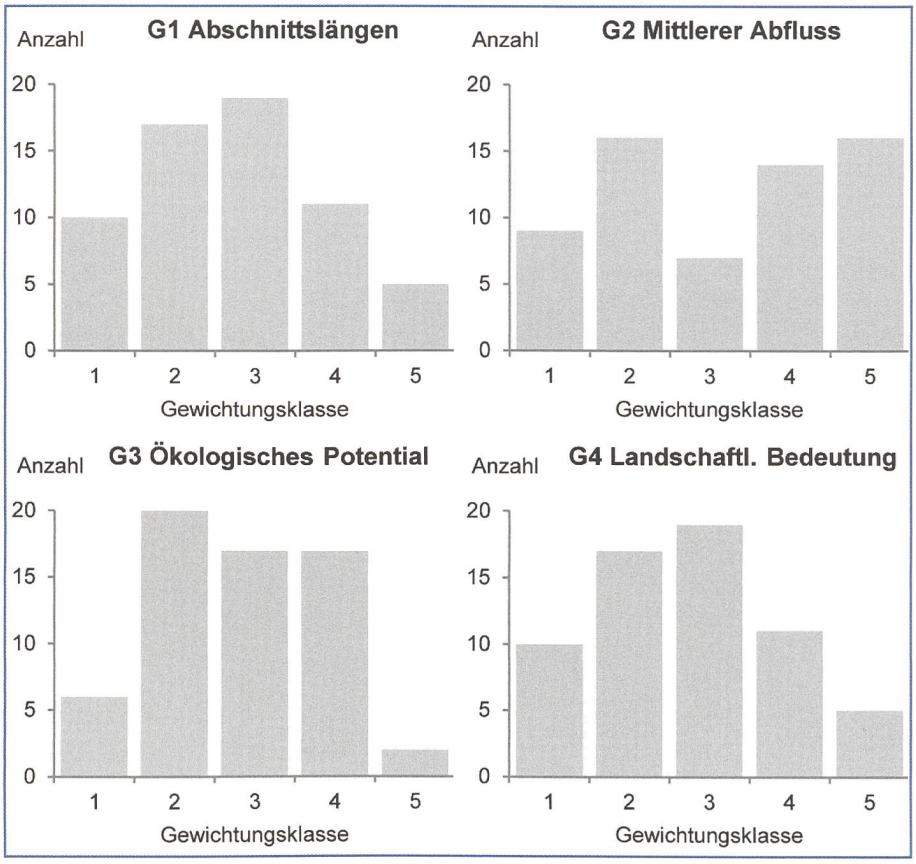

Bild 4. Häufigkeitsverteilung der Abschnittsgewichtungen. G1 = Abschnittslänge, G2 = Mittlerer natürlicher Abfluss, G3 = Ökologisches Potenzial und G4 = Landschaftliche Bedeutung (Mittelwert aus G4a–G4c) – dargestellt in Form von Histogrammen.

Indikatoren

Für die Indikatoren 1, 2 und 6 wurden alle Bewertungsklassen vergeben, bei den Indikatoren 3, 4 und 5 wurde nur die schlechteste Bewertungsklasse nicht belegt *(Bild 5)*. Wenn berücksichtigt wird, dass die Klassengrenzen der Indikatoren vor der Durchführung der Bewertung bereits definiert werden mussten, ist deren Festlegung sehr gut an die Gegebenheiten im Oberhasli angepasst. Ausserdem zeigt der Vergleich zwischen den einzelnen Zuständen (Ist-Zustand, Referenzzustand und Zustand Gesamtbilanz KWO plus), dass jeder Indikator mit einer signifikanten Sensitivität auf die unterschiedlichen Zustände reagiert, am empfindlichsten sprechen dabei die Indikatoren I1 «Restwasser» und I5 «Aquatische Habitate» an. Die Indikatoren I1, I3, I4 und I5 zeigen teilweise ein ähnliches Muster. Dies lässt sich einerseits darauf zurückführen, dass die Restwassermenge (I1) die Aquatischen Habitate (I5) direkt beeinflusst. Und anderseits, dass Fluss- und Auenrevitalisierungen (I4) auch eine Verbesserung der ökomorphologischen Situation (I3) mit sich ziehen sowie eine höhere Qualität der aquatischen Habitate (I5) begünstigen.

Gesamtbewertung mit Abschnittsgewichtung

Bei der Gesamtbewertung anhand der Indikatoren *(Tabelle 2)* unter Berücksichtigung der Abschnittsgewichtungen (*Tabelle 3* und Kap. 2.6) ergibt sich für den heutigen Zustand eine mittlere Bewertung von 2.81, für den Referenzzustand 2.27 und für den Zustand Gesamtbilanz KWO plus 2.15. In Ökopunkten sind dies:

- 0 Ökopunkte für den Ist-Zustand,
- 26.2 Ökopunkte für den Referenzzustand (Zustand, der erreicht werden müsste, wenn die gesamten Anlagen der KWO im Aare- und Gadmertal neukonzessioniert würden),
- 29.3 Ökopunkte für den Zustand Gesamtbilanz KWO plus.

Sensitivitätsanalyse

Es wurde sowohl für die Gewichtung der einzelnen Indikatoren *(Tabelle 1)* als auch für die Gewichtungsfaktoren der Abschnitte *(Tabelle 3)* eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt (Sigmaplan 2010d). Dafür wurden die einzelnen Gewichtungen

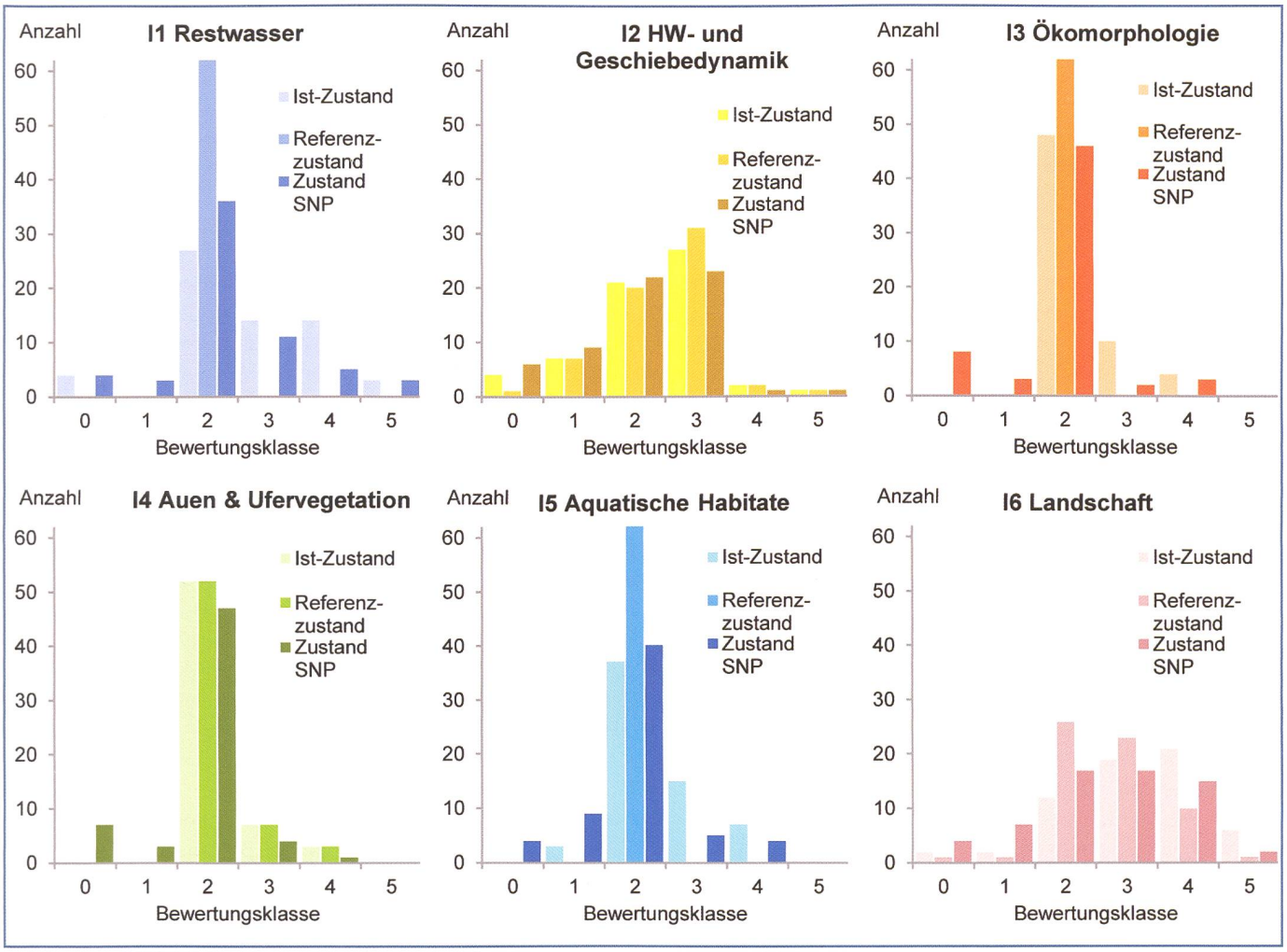

Bild 5. Häufigkeitsverteilung der vergebenen Indikatorbewertungen für den Ist-Zustand, den Referenzzustand und den Zustand Gesamtbilanz KWO plus – dargestellt in Histogrammen. I1 = Indikator Restwasser, I2 = Indikator Hochwasser- und Geschiebedynamik (Mittelwert aus I2a und I2b), I3 = Ökomorphologie, I4 = Auen und Ufervegetation (Mittelwert aus I4a und I4b), I5 = Aquatische Habitate (Mittelwert aus I5a–I5d), I6 = Landschaft (Mittelwert I6a–I6c).

von 0% bis 100% variiert. Nur beim Indikator 1 «Restwasser» wurde die ökologische Bilanz negativ, sobald dieser Indikator mit mehr als 80% gewichtet wurde. Ansonsten zeigten alle weiteren Variationen der Gewichtungsfaktoren sowohl für die Indikatoren I2 bis I6 als auch für die Abschnittsgewichte G1 bis G4 stets eine positive Bilanz.

Auf Anregung der Umweltschutzverbände wurde eine zusätzliche Sensitivitätsanalyse mit einer feineren Auflösung der Bewertungsklassen für den Indikator I1 sowie für die Abschnittsgewichte G1 und G2 durchgeführt (Sigmaplan 2011): Anstelle mit ganzen Klassenwerten wurde nun auf Zehntel genau bewertet, indem zwischen den Klassengrenzen interpoliert wurde: z.B. für I1 wurde eine Restwassermenge von 90% mit 2.3 anstelle mit 2 bewertet. Für die anderen Indikatoren und Abschnittsgewichtungen ist eine Auflösung auf Zehntel-Klassen aus methodischen Gründen (vgl. *Tabellen 2* und *3*) nicht möglich. Auch bezüglich dieser Modifikation zeigte sich das Gesamtergebnis robust mit einer stets deutlich positiven Gesamtbilanz.

Plausibilisierung der Bewertungen mit Direktvergleich

Insgesamt zeigen sowohl die Bewertungen der mehrgenutzten Gewässerabschnitte als auch die Bewertung von Ausgleichsmassnahmen nachvollziehbare Ergebnisse. Die ausgewogene Bewertung wurde anhand eines Direktvergleichs von Abschnitten mit einer «Mehrnutzung» sowie Abschnitten mit einem «Mehrschutz» anschaulich belegt (Sigmaplan 2010d) und durch die Mitglieder der Begleitgruppen bestätigt.

Nicht berücksichtigte Aspekte

Keine Berücksichtigung bei der Bewertung fand die Unterscheidung, ob mit klarem oder trübem Gletscherwasser dotiert wird, obwohl gewässerökologische Untersuchungen einen positiven Einfluss von ganzjährig klarer Wasserführung auf die ökologische Situation in der Hasliaare nachgewiesen haben (Schweizer et al. 2010). Da es sich hier um eine künstliche Verbesserung des Ausgangszustands handelt (die Aare würde ohne Nutzung trübes Wasser im Sommer führen), ging dieser Umstand nicht in die Bewertung ein.

Ausserdem wurde die mit dem geplanten Beruhigungsbecken in Innertkirchen einhergehende Verbesserung (Schweizer et al. 2008) in der Schwallstrecke nicht berücksichtigt, da mit der im Jahr 2011 in Kraft getretenen Revision des GSchG keine Zusätzlichkeit mehr vorliegt.

4. Methodenkritik

Prinzipiell verbleibt bei ökologischen Bewertungen stets eine gewisse Ungenauigkeit, da nicht jeder Aspekt detailliert gemessen und bilanziert werden kann. Deshalb müssen auch bei der Anwendung dieser Methodik an bestimmten Stellen Beurteilungen durch Experten die auftretenden Lücken füllen.

Ein Direktvergleich zwischen den Abschnitten mit einer «Mehrnutzung» und Abschnitten mit gewässerökologischen Aufwertungsmassnahmen kann die Resultate der ökologischen Bilanzierung plausibilisieren. Dies kann anhand von Fotos und mit Angaben zur gewässerökologischen Bedeutung der jeweiligen Abschnitte erfolgen.

Grundsätzlich ist eine gewässerökologische Gesamtbewertung äusserst vielschichtig, da verschiedene Aspekte berücksichtigt und auch gewichtet werden müssen. Dies spiegelt sich in der nicht geringen Anzahl der zu bewertenden Indikatoren und einer gewissen Komplexität in der Methodik wider. Da es sich bei Schutz- und Nutzungsplanungen aber in der Regel um grössere Projekte mit einem hohen gesellschaftlichen Interesse handelt, ist der hier beschriebene Aufwand gerechtfertigt. Ausgehend von der weit komplexeren BAFU-Bewertungsmethode (Basler & Partner 2005) wurden bei dieser Methode nur relevante Indikatoren berücksichtigt, um den immer noch beträchtlichen Aufwand soweit als möglich zu minimieren. Sowohl die Auswahl als auch die genaue Definition (Festlegung der Bewertungsklassen) und Gewichtung der Indikatoren wurde gemeinsam mit den Experten der kantonalen Ämter und der Umweltschutzverbände festgelegt (Kap.2.1), da dies einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtbewertung hat. Allerdings kann eine geringfügige Redundanz der Indikatoren auftreten. Dies ist auf die Komplexität bei einer gewässerökologischen Bewertung zurückzuführen und wird durch eine angepasste Indikatorengewichtung berücksichtigt.

Da im Gegensatz zu den Messgrössen der BAFU-Methode (Basler & Partner 2005) keine hydraulischen Modellierungen nötig sind, reduziert sich der Aufwand für die Erhebung und Auswertung der hier beschriebenen Indikatoren beträchtlich, ohne allerdings die gewässerökologische Aussagekraft signifikant zu verringern.

5. Diskussion und Fazit

Gemeinsam mit Vertretern der kantonalen Fachstellen und der Umweltschutzorganisationen wurde die BAFU-Bewertungsmethode für Schutz- und Nutzungsplanungen bei Neukonzessionierungen (Basler & Partner 2005) angepasst, erweitert und im Oberhasli für die KWO plus Projekte und die Restwassersanierung der KWO erfolgreich angewendet. Der Einbezug aller Beteiligten bei der Methodenentwicklung gewährleistete eine grösstmögliche Transparenz, die vor allem bei «sensiblen» Ausbauprojekten sehr wichtig und für eine erfolgreiche Lösungsfindung entscheidend sein kann (Schweizer et al. 2012a). Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen (Kap. 3) haben die Robustheit der Methode nachgewiesen und so zu einer sehr hohen Akzeptanz von allen Beteiligten geführt.

Die Bewertungsmethode deckt alle gewässerökologisch relevanten Aspekte ab, die bei der SNP im Oberhasli zu berücksichtigen sind. Es werden nur Indikatoren angewendet, die sensitiv auf gewässerökologische Massnahmen reagieren und deren Bewertungen sowohl für den heutigen Zustand möglich als auch für künftige Zustände (Realisierung von Aufwertungsmassnahmen) vorhersagbar sind. Das Indikatoren-Set ist so ausgewählt, dass es auch Synergien von Massnahmen (wie z.B. eine Kombination von Restwassererhöhung und Flussrevitalisierung) berücksichtigt und entsprechend bewertet. In der Fachliteratur sind verschiedene Bewertungsmethoden (z.B. Graw et al. 2004, Liechti et al. 1998, Pfaundler et al. 2011) beschrieben, die allerdings einer anderen Zielsetzung folgen. Deshalb werden bei diesen Methoden nicht alle oben genannten Kriterien erfüllt, und sie sind daher für den Einsatz bei der SNP im Oberhasli eher ungeeignet.

Zusätzlich erlaubt diese Methodik prinzipiell die Bewertung verschiedener Zustände (Kap. 3), wie z.B. den Zustand nach Ausführung der Gewässersanierung oder den Zustand bei einer Teilrealisierung von KWO plus, z.B. der Ausbauprojekte «Tandem» und «Grimsel 3».

Generell eignet sich diese Bewertungsmethode auch für Schutz- und Nutzungsplanungen in anderen Einzugsgebieten oder bei anderen komplexen Fragestellungen (regionale oder kantonale Gewässerplanungen). Allerdings muss bei einer Übertragung der Methode das hier verwendete Indikatoren-Set u.U. angepasst werden. Der Einbezug aller Beteiligten bei der endgültigen Festlegung der Methodik (Auswahl, Definition und Gewichtung der Indikatoren) ist in jedem Fall empfehlenswert.

Auf Basis der zahlreichen gewässerökologischen Untersuchungen (Schweizer et al. 2010) konnten viele wirkungsvolle gewässerökologische Aufwertungsmassnahmen abgeleitet und entwickelt werden (Sigmaplan 2010e). Mit Hilfe der Bewertungsmethode konnten diese dann relativ objektiv beurteilt und bei den Verhandlungen priorisiert werden. Dadurch konnten die Gespräche über Umfang und Auswahl von Massnahmen sehr sachlich und lösungsorientiert geführt werden (Schweizer et al. 2012a).

Trotz komplexer Fragestellungen, sehr grossem Perimeter und einer schwierigen Vorgeschichte, wurde die Bewertungsmethode erfolgreich angewendet (Sigmaplan 2010a), von allen Beteiligten akzeptiert und konnte zum Verhandlungserfolg beim Begleitgruppenprozess KWO plus massgeblich beitragen.

Danksagung

Ein grosser Dank gebührt Dr. L. Vetterli (Pro Natura), Dr. M. Meyer (BKFV), U. Eichenberger (Grimselverein), H. Zybach, K. Zumbrunn (beide Fischereiverein Oberhasli), W. Brog (Gemeinde Innertkirchen), H. Habegger (Amt für Wasser und Abfall), Dr. M. Graf (Abteilung für Naturförderung), Dr. M. Zeh (Gewässer- und Bodenschutzlabor), W. Müller (Fischereiinspektorat), N. Hählen (Tiefbauamt), F. Weber (Amt für Gemeinden und Raumordnung), I. Schmidli (vorher Amt für Wasser und Abfall, jetzt Bundesamt für Umwelt) und B. Oppeliguer (Amt für Wasser und Abfall) für die fachlichen Diskussionen und die damit verbundenen Qualitätssteigerungen bei der ökologischen Bewertungsmethode. Für die wertvollen Anmerkungen und für das kritische Durchlesen möchten sich die Autoren zudem bei M. Kummer (Bundesamt für Umwelt), A. Keiser (Sigmaplan), C. Mathez (BWU), S. Jenni (Advokatur Jost Stämpfli Messerli Streit Jaun) sowie Dr. H.P. Tscholl, D. Fischlin, M. Meyer, R. Borrmann und S. Schläppi (alle KWO) sowie für die Kartengestaltung bei A. Bertiller (Sigmaplan) in aller Form bedanken.

Literatur

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.

Bolliger R., Zysset A., Winiker M. (2009): Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz. Erfahrungen, Beurteilungskriterien und Erfolgsfaktoren. Umwelt-Wissen Nr. 0931. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

Broder B., Sansoni M., Kasper H. und *Fahrländer K.L.* (2000): Wasserentnahmen – Vorgehen bei der Sanierung nach Art. 80 Abs. 2 GSchG. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 39, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

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.

BWU Mathez (2009): Abflussüberwachung bei

verschiedenen KWO-Fassungen im Winterhalbjahr 2008/2009. 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, Megève, Frankreich, September 2010.

Estoppey R., Kiefer B., Kummer M., Lagger S. und *Aschwanden H.* (2000): Vollzug Umwelt. Wegleitung: Angemessene Restwassermengen – wie können sie bestimmt werden? Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Graw M., & *Berg R.* (2004): Ökologische Bewertung von Fliessgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz Band 64.

Hunziker, Zarn & Partner (2009): Geschiebebewirtschaftung Gadmerwasser, Zwischenbericht. Bericht im Auftrag der KWO (Autor Niedermayr A.).

Hütte M. & *Niederhauser P.* (1998): Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend) – Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. Bericht des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Liechti P., Sieber U., Bundi U., Blücher U., Willi H.-P., Frutiger A., Hütte M., Peter A., Göldi C., Kupper U., Meier W. und *Niederhauser P.* (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

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.).

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.

Ott W., Bade S., Hürlimann J. und *Leimbacher J.* (2008): Bewertung von Schutz-, Wiederherstellungs- und Ersatzmassnahmen bei Wasserkraftanlagen. Bericht des Bundesamts für Energie (BFE), Bern.

Pfaundler M., Dübendorfer C. und *Zysset A.* (2011): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1107.

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., Meyer M., Heuberger N., Brechbühl S. und *Ursin M.* (2010): Zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen im Oberhasli. Wichtige Unterstützung des partizipativen Begleitprozesses von KWO plus. «Wasser Energie Luft» 2010 (4): 289–300.

Schweizer S. & *Zeh Weissmann H.* (2011): Restwassersanierung der genutzten Gewässer im Oberhasli. «Wasser Energie Luft» 2011 (1): 25–30.

Schweizer S., Zeh Weissmann H. und *Ursin M.* (2012a): Der Begleitgruppenprozess zu den Ausbauprojekten und zur Restwassersanierung im Oberhasli. «Wasser Energie Luft» in dieser Ausgabe.

Schweizer S., Meyer M., Wagner T. und *Zeh Weissmann H.* (2012b): Gewässerökologische Aufwertungen im Rahmen der Restwassersanierung und der Ausbauvorhaben an der Grimsel. «Wasser Energie Luft» in dieser Ausgabe.

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 KWO plus 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 KWO plus vorgesehenen gewässerökologischen Massnahmen. Bericht im Auftrag der KWO (Autoren Zeh Weissmann H. & Wagner T.).

Sigmaplan (2010e): Gewässerökologische Massnahmen im Rahmen des Investitionsprogramms KWO plus und der Restwassersanierung nach Art. 80ff. GSchG. (Autoren Zeh Weissmann H. & Wagner T.)

Sigmaplan (2011): Gewässerökologische Bilanzierung mit interpolierten Werten. Bericht im Auftrag des Ausschusses von KWO plus (Autoren Zeh Weissmann H. & Schweizer S.).

Thielen R., Tognola M., Roulier C. und *Teuscher F.* (2002): 2. Ergänzung des Bundesinventars der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Technischer Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 341. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Zeh Weissmann H., Könitzer C. und *Bertiller A.* (2009): Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie). Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand April 2009. Umwelt-Zustand Nr. 0926. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

Anschrift der Verfasser
Steffen Schweizer, Heiko Zeh Weissmann, Thomas Wagner, Sandra Brechbühl
Kraftwerke Oberhasli AG, Postfach 63
CH-3862 Innertkirchen
sste@kwo.ch, www.grimselstrom