

Wassermanagement: Schutz und Nutzen verbinden



Michael Döring, Landschaftsökologe an der Abteilung Aquatische Ökologie, untersucht die Zusammenhänge von Strukturen und Funktionen in Ökosystemen. Koautor: Christopher T. Robinson

Gewässer erbringen sozioökonomische Leistungen, benötigen aber auch bestimmte ökologische Rahmenbedingungen, damit sie ihre Funktionen wahrnehmen können. Gefragt ist deshalb ein nachhaltiges Ressourcenmanagement, das die Bedürfnisse des Menschen wie auch der Umwelt berücksichtigt. Wie ein solches aussehen könnte, zeigen zwei Forschungsprojekte am Spöl und im Auengebiet Sandey.

Die zunehmende Nutzung durch den Menschen und der fortschreitende Klimawandel beeinflussen die Verfügbarkeit der Ressource Wasser. Besonders in trocknen Gegenden erreichen viele grosse Flüsse die Ozeane nicht mehr, weil der Mensch übermässig Wasser verbraucht und für die Nutzung zurückhält (rund 4000 Kubikkilometer pro Jahr). Die Flüsse sind weltweit auf mehr als 500 000 Kilometern zu schiffbaren Wasserstrassen ausgebaut und entsprechend beeinträchtigt. Über 63 000 Kilometer Kanäle und 50 000 Staudämme regulieren die Fliessgewässer. Letztere speichern mehr als 6300 Kubikkilometer Wasser und weitere Stauhaltungen sind geplant – vorab in Entwicklungsländern [1]. Mit dem Klimawandel ändern sich Zeitpunkt und Stärke von Niederschlägen, Extremereignisse wie Überschwemmungen und Wasserknappheit werden zunehmen.

Wasser als Risiko und Ressource. Für die Schweiz weisen aktuelle Daten und Vorhersagen zum Beispiel darauf hin, dass sich die Hauptniederschläge in Zukunft in den späten Winter und ins Frühjahr verschieben werden. Damit steigt das Risiko für starke Überschwemmungen im Frühling, gefolgt von Wassertiefständen und Trockenperioden im späteren Sommer. Langfristig wird sich diese Situation durch das Abschmelzen der Gletscher noch akzentuieren. Diese Veränderungen haben direkte Konsequenzen für den Hochwasserschutz sowie für die Landwirtschaft, die Energieproduktion und die Trinkwasserversorgung, für die Wasser eine unersetzliche Ressource darstellt.



Abb. 1: Ein nachhaltiges Ressourcenmanagement muss die ökologischen wie die sozioökonomischen Interessen an den Gewässern möglichst umfassend vereinen (nach [3]).

Das sich verändernde Klima und die verschiedenen Nutzungen erhöhen aber auch den Druck auf die aquatischen Ökosysteme weiter. So soll in der Schweiz ein Ausbau der Wasserkraft die in Zukunft wegfallende Atomenergie teilweise ersetzen. Bereits heute werden rund 55 Prozent des Stroms mithilfe von Wasserkraft produziert. Dem stehen Bestrebungen gegenüber, welche die negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung besser abfedern sollen. Die 2011 in Kraft getretene Revision des Gewässerschutzgesetzes sieht deshalb Sanierungsmassnahmen vor, um die Auswirkungen des Schwall-Sunk-Betriebs zu vermindern, den Geschiebehalt zu reaktivieren und die Fischgängigkeit wiederherzustellen. Zudem soll während der nächsten 80 Jahre etwa ein Viertel der beeinträchtigten, zusammengezählt rund 15 000 Kilometer langen Flussabschnitte revitalisiert werden [2].

Einerseits erbringen Gewässer als nutzbare Ressource verschiedene sozioökonomische Leistungen, andererseits benötigen sie als Lebensräume bestimmte ökologische Rahmenbedingungen, damit sie ihre Funktionen für Mensch und Umwelt wahrnehmen können. Daneben stellen sie auch ein Risiko für den Menschen und dessen Infrastrukturen dar. Diese unterschiedlichen, zum Teil gegensätzlichen Anforderungen und Interessen – akzentuiert durch den Klimawandel – bergen erhebliches Konfliktpotenzial. Vor diesem Hintergrund wird ein nachhaltiges Management der Wasserressourcen eine zunehmend dringliche Aufgabe (Abb. 1). Nachhaltigkeit bedeutet, sowohl die Bedürfnisse des Menschen als auch jene der Ökosysteme angemessen zu berücksichtigen. Hierzu müssen ökonomische, soziale und ökologische Anliegen ganzheitlich betrachtet werden, um in einer Abwägung einen tragfähigen Kompromiss zwischen diesen Interessen beziehungsweise ihren Akteuren zu finden. Dazu sind sektorenübergreifende Denkansätze, eine partizipative Entscheidungsfindung und eine langfristige Strategieplanung notwendig.

Adaptives Management für mehr Nachhaltigkeit. Ein methodisches Werkzeug auf dem Weg zu einem nachhaltigen Umgang mit den Wasserressourcen ist das so genannte adaptive Management. Dabei geht es darum, in einem ständigen Entwicklungsprozess aus den Ergebnissen vergangener Entscheidungen zu lernen

und zukünftige Massnahmen entsprechend zu optimieren und sich so einer idealen Lösung anzunähern.

In zwei exemplarischen Studien – am Spöl im Schweizerischen Nationalpark und im Auengebiet Sandey des Urbachs im Kanton Bern – untersuchen wir, wie sich im Sinne des adaptiven Ansatzes ökologische und sozioökonomische Interessen in ein nachhaltiges Wassermanagement integrieren lassen. Im ersten Fall geht es darum, mit gezielten Flutungen einen von der Wasserkraftnutzung beeinträchtigten Fluss in einen naturnäheren Zustand zurückzuführen, ohne die Stromproduktion zu beeinträchtigen. Im zweiten Fall untersuchen wir, wie vergangene Eingriffe eine Auenlandschaft beeinträchtigt haben und wie sich mögliche Revitalisierungsmassnahmen mit dem Überschwemmungsschutz und der Landnutzung vereinbaren lassen.

Der Spöl entspringt dem Lago di Livigno, einem Stausee an der schweizerisch-italienischen Grenze. Vor der Regulierung betrug der Abfluss zwischen 6 und 12 Kubikmeter pro Sekunde (m^3/s) mit Spitzen bis zu $120 \text{ m}^3/\text{s}$; die konstante Restwassermenge nach der Regulierung beträgt $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$ im Sommer und $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ im Winter. Seit 2000 wird dieser konstante Restwasserabfluss im Rahmen unserer Studie ein- bis dreimal pro Jahr von Flutungen unterbrochen, um das Abflussverhalten wieder dem ursprünglichen Regime anzunähern (Abb. 2). Die Hauptfrage war, ob sich der Lebensraum des Spöl damit überhaupt ökologisch positiv verändern würde, nachdem er über 30 Jahre mit einem geringen und konstanten Restwasserstrom auskommen musste.

Ein aus ökologischer Perspektive optimales Abflussregime (ausreichender Basisabfluss, Zeitpunkt, Dauer, Häufigkeit und Ausmass der Flutungen) ist dann erreicht, wenn damit Voraussetzungen geschaffen werden, die den lebensraumtypischen Arten eine dauerhafte Besiedlung ermöglichen – auch unter sich verändernden klimatischen Bedingungen.

Annäherung an natürlichen Zustand. Die Flutungen veränderten die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Spöl praktisch nicht, da das Wasser wie zuvor aus den Tiefenschichten (Hypolimnion) des Lago di Livigno stammte. Hingegen verbesserten sie die Porosität des Flussbetts, das sich unter dem alten Abflussregime massiv verdichtet hatte. Sedimente wurden stärker ausgewaschen und innerhalb der ersten zwei Jahre nach Beginn der Flutungen verschwanden auf dem Untergrund wachsende Moose. Ebenso verringerte sich in der Bodenzone (Benthos) die Menge des organischen Materials. Die Bestände der Primärproduzenten, zum Beispiel des Phytoplanktons, gingen ebenfalls deutlich zurück. Obwohl der Spöl ein nährstoffreiches Gewässer ist, blieb der Bewuchs mit Algen gering, weil diese aus dem Flussbett gespült wurden.

Bei den benthischen Makroinvertebraten führten die Flutungen zu einer Reduktion der Individuendichte und der Artenvielfalt sowie zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung, was sich in einem höheren Anteil kleinerer Organismen und einer geringeren Biomasse zeigte. So nahmen die Bestände störungsanfälliger Arten, etwa des sesshaft lebenden und grossgewachsenen Bachflohkrebses *Gammarus fossarum*, ab, während resistenterer Spezies wie die mobilen und kleingewachsenen Eintagsfliegen

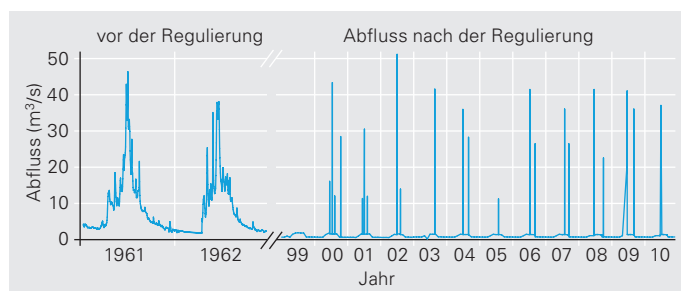


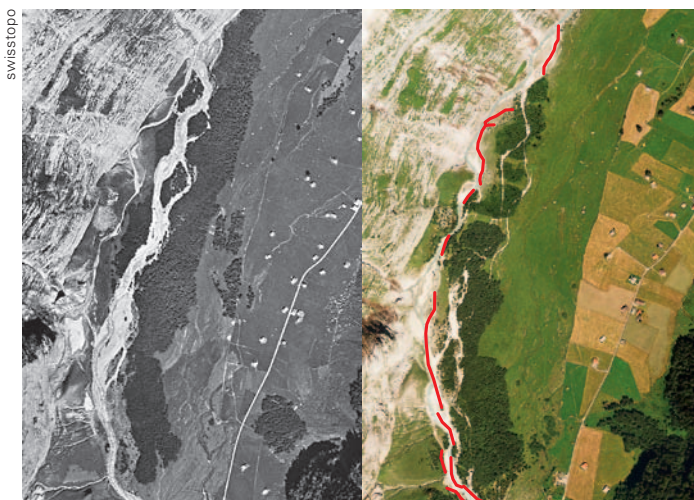
Abb. 2: Bis 1970 hatte der Spöl ein natürliches Abflussregime (links). Nach der Regulierung war die Restwassermenge konstant auf circa $2 \text{ m}^3/\text{s}$ beschränkt. Seit dem Jahr 2000 sorgen regelmässige Flutungen mit bis zu $40 \text{ m}^3/\text{s}$ für ein naturnäheres Regime.

der Gattung *Baetis* häufiger wurden. Insgesamt variierten die untersuchten Organismen in ihrer Zusammensetzung und Morphologie nach dem Regimewechsel stärker.

Zum jetzigen Zeitpunkt kann man sagen, dass sich die Habitatbedingungen und die Artenzusammensetzung im Spöl aufgrund der jährlichen Flutungen wieder jenen eines vergleichbaren natürlichen alpinen Gebirgsbaches annähern. Gleichzeitig ist der Spöl auch ein Beispiel dafür, dass sich ökologische und ökonomische Interessen vereinbaren lassen, da das für die Flutungen abgelassene Wasser in andere Stauhaltungen umgeleitet werden kann und sich dort praktisch kostenneutral zur Stromproduktion nutzen lässt [4, 5].

Einbezug der verschiedenen Interessen. Das Projekt im Auengebiet Sandey (Abb. 3), das gemeinsam mit den Kraftwerken Oberhasli sowie den Bundesämtern für Umwelt und Raumentwicklung initiiert wurde, vereint Felduntersuchungen, hydrologische Modellrechnungen, Fernerkundung und räumliche Daten, um die Auswirkungen des historischen Gebietsmanagements und

Abb. 3: Der Vergleich von Luftbildern macht deutlich, wie sich der Charakter des Auengebiets Sandey zwischen 1940 und 2007 verändert hat. Die roten Linien stellen die Lage von Hochwasserschutzdämmen dar.



möglicher Revitalisierungsmassnahmen, etwa der Entfernung von Seitendämmen, zu untersuchen. Dabei soll der Überschwemmungsschutz gewährleistet und die bestehende Nutzung mit einbezogen werden. Die Studie soll die nachhaltige Entwicklung aktiv fördern, indem sie wissenschaftliche Grundlagen liefert für den sachlichen Dialog zwischen den verschiedenen Interessenvertreterinnen und -vertretern und für eine transparente Entscheidungsfindung für ein zukünftiges Management. Vergleichsuntersuchungen an anderen Flusssystemen und die Einbindung verschiedener Akteurinnen und Akteure auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene sollen gewährleisten, dass die Erkenntnisse auch auf andere Situationen übertragbar sind.

Das rund 3,5 Kilometer lange und 118 Hektar grosse Auengebiet der Sandey zeichnet sich auf den ersten Blick durch eine hohe Vielfalt an Strukturen aus und enthält die typischen Habitate einer natürlichen Flussaue: Inseln, Auenwald, verschiedene Gerinne und Kiesbänke. Als Auengebiet von nationaler Bedeutung stellt es ein vorrangiges Schutzobjekt dar. Sozioökonomisch wird das Gebiet als Weidefläche und für verschiedene Privatzwecke genutzt. Ein 1950 erstellter, flussaufwärts liegender Staudamm zweigt zudem rund 30 Prozent des durchschnittlichen Jahresabflusses des Urbachs zur Elektrizitätserzeugung ab. Zudem wurden insbesondere in den 1990er-Jahren innerhalb der aktiven Aue zahlreiche Längsverbauungen zum Schutz vor Überschwemmungen eingesetzt.

Historische Luftaufnahmen zeigen, wie stark sich das Auengebiet über die Zeit gewandelt hat. Die Häufigkeit verschiedener Habitate und die Komplexität der Gerinne variierten im Lauf der Zeit erheblich, was für eine natürliche Flussaue in dieser Art untypisch ist. Verglichen mit dem naturnahen Zustand, wie er

Abb. 4: Habitatveränderungen im Auengebiet Sandey zwischen 1940 und 2007. Die Daten wurden anhand entsprechender Luftaufnahmen erhoben.

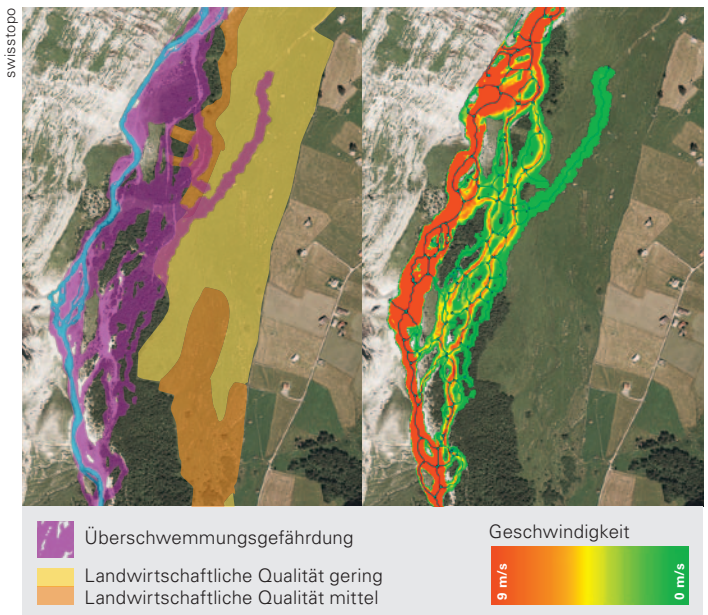
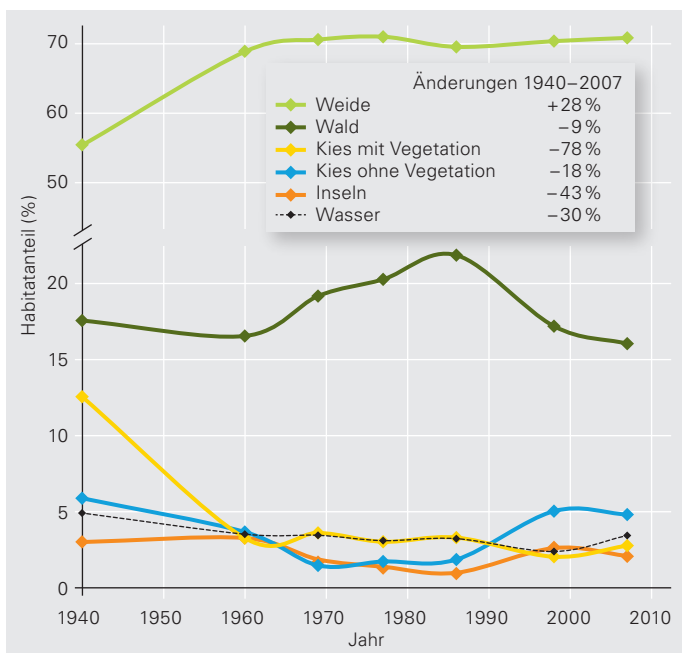


Abb. 5: Mit Computermodellen lassen sich die sozioökonomischen und ökologischen Folgen verschiedener Managementszenarien im Sandey-Auengebiet simulieren. So lässt sich zum Beispiel vorhersagen, welche Auswirkungen eine Entfernung der Hochwasserschutzdämme auf die Landnutzung, die Fließgeschwindigkeiten und die Gewässernetzung mit sich bringt.

bis 1940 vorherrschte, präsentiert sich das Gebiet heute viel gleichförmiger und einzelne auentypische Habitate sind seltener geworden (Abb. 3 und 4). Höchstwahrscheinlich lässt sich diese Entwicklung auf die Wasserentnahme und insbesondere auf den Einsatz von Längsverbauungen zum Hochwasserschutz zurückführen, welche die natürliche Dynamik der Sandey-Aue erheblich einschränken [6].

Auswirkungen auf die ökologischen Prozesse. In den verschiedenen Habitaten erhoben wir die Respirationsraten als Mass für den Kohlenstoffumsatz und berechneten diesen für die heutigen Verhältnisse. Mithilfe der habitatspezifischen Respirationsraten und der ehemaligen räumlichen Ausdehnung der Habitate konnten wir auch den historischen Kohlenstoffumsatz herleiten. Der Vergleich zeigt, dass sich der Kohlenstoffumsatz während der letzten 70 Jahre signifikant verändert hat. Dies deutet darauf hin, dass die strukturellen und funktionellen Eigenschaften einer Aue relativ rasch auf Veränderungen des hydrologischen Regimes reagieren. Durch die Wiederherstellung einer natürlicheren Überflutungsdynamik liesse sich die Habitatheterogenität verbessern und somit auch die Prozess- und Biodiversität des Auenökosystems wieder natürlicher gestalten.

Eine Rückkehr zu einer grösseren Flussdynamik – zum Beispiel indem man die Hochwasserdämme entfernen würde – in einer intensiv genutzten Landschaft wie die Sandey-Auen sie darstellen, geht möglicherweise mit einem Hochwasserrisiko für Mensch und Infrastruktur einher. Dank Fortschritten in der Landschaftsmodellierung lassen sich die verschiedenen, von den jeweiligen hydrologischen Gegebenheiten abhängigen Hochwas-

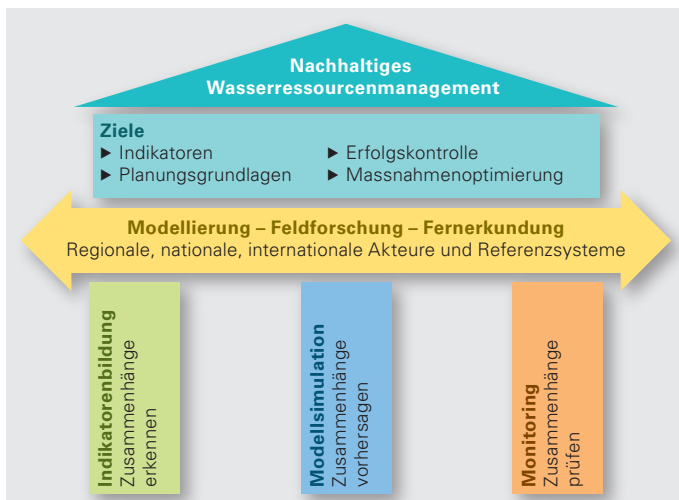
serszenarien heutzutage allerdings mit dem Computer simulieren und damit das Schadensrisiko minimieren. Gleichzeitig lassen sich Habitatveränderungen vorhersagen. Mit unseren Modellrechnungen möchten wir zum Beispiel evaluieren, in welchen Bereichen der Sandey-Auen sich eine Erhöhung der Dynamik ökologisch besonders positiv auswirkt und gleichzeitig die Gefahr von Hochwasserschäden vernachlässigbar ist (Abb. 5). Erste Resultate deuten darauf hin, dass das Öffnen zusätzlicher Seitenarme das Überschwemmungsrisiko sogar generell senken und zugleich die Habitatvielfalt und Biodiversität erhöhen könnte.

Mit dem Modell lässt sich ausserdem auch simulieren, wie der Klimawandel oder eine veränderte Wassernutzung das Abflussverhalten beeinflussen. Das Ziel ist es, Fachleute in der Praxis oder Entscheidungsträgerinnen und -träger bei der Planung eines nachhaltigen Wassermanagements zu unterstützen, das einerseits einen ökologisch funktionsfähigen Lebensraum und andererseits eine sozioökonomische Nutzung gewährleistet.

Langzeitbegleitung ist wichtig. Ein nachhaltiges Management der Wasserressourcen ist eine komplexe Aufgabe. Denn zum einen gilt es, die Bedürfnisse der Gesellschaft hinsichtlich der Nutzung der Gewässer zu gewährleisten, ohne deren ökologischen Kapazitätsgrenzen zu überschreiten. Zum anderen braucht es zuerst einmal ein gutes Verständnis der Ansprüche dieser Ökosysteme. Was brauchen sie, um intakt und langfristig funktionsfähig zu sein und um dadurch auch jene Dienstleistungen generieren zu können, die der Mensch beziehen will?

Die beiden Studien am Spöl und in der Sandey zeigen empirische und pragmatische Herangehensweisen, um ein nachhaltigeres Wassermanagement zu erreichen, das diese Komplexität berücksichtigt und die betroffenen Akteure einbezieht (Abb. 6). Die bisherigen Resultate am Spöl waren so überzeugend, dass die

Abb. 6: Ein Weg zu einem integrativen nachhaltigen Ressourcenmanagement: Die Messung relevanter Parameter im Feld (Indikatoren) erfasst den Zustand im Untersuchungsgebiet, Computermodelle simulieren die Auswirkungen verschiedener Managementszenarien, und das Monitoring ermöglicht die Langzeitbeobachtung.



gezielten Flutungen in die regulatorischen Bestimmungen dieses Flusses übernommen wurden. Zudem hat das Projekt vergleichbare Vorhaben auf internationaler Ebene initiiert, etwa am Snowy River in Australien oder am Colorado in den USA. Die Studie zeigt aber auch, dass ein Langzeit-Monitoring unabdingbar ist, um Entwicklungen zu rekonstruieren und Auswirkungen von Massnahmen zu evaluieren [7, 8].

Das Sandey-Projekt demonstriert, wie sich durch die Kombination verschiedener Methoden Veränderungen auf Landschaftsebene erfassen lassen und eine integrative Sichtweise hinsichtlich sozioökonomischer und ökologischer Ansprüche an Auenlandschaften geschaffen werden kann. Gleichzeitig bilden die Untersuchungen auch die Grundlage eines geplanten flächendeckenden Monitorings mithilfe der Fernerkundung. Beides soll dazu dienen, den langfristigen Erfolg von Massnahmen zu evaluieren und zu sichern.

Diese langfristige und umfassende Perspektive ist beim adaptiven Management und der Revitalisierung von Gewässerräumen absolut notwendig, um aus unvorhergesehenen Entwicklungen lernen zu können und sich in einem iterativen Prozess an eine optimale Balance zwischen ökologischen und sozioökonomischen Bedürfnissen heranzutasten. Wasserressourcenmanagement sollte als moralische Verpflichtung für die Gesellschaft und die Umwelt angesehen werden mit dem Ziel, Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen nachhaltig sicherzustellen. ○ ○ ○

- [1] Tockner K., Stanford J.A. (2002): Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29 (3), 308–330.
- [2] Göggele W. (2012): Revitalisierung Fließgewässer. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1208.
- [3] Bundesamt für Umwelt (2012): Einzugsgebietsmanagement – Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz. *Umweltwissen* 1204.
- [4] Robinson C.T. (2012): Long-term changes in community assembly, resistance and resilience following experimental floods. *Ecological Applications*, online.
- [5] Robinson C.T., Uehlinger U. (2008): Experimental floods cause ecosystem regime shift in a regulated river. *Ecological Applications* 18, 511–526.
- [6] Döring M., Blaurock M., Robinson C.T. (2012): Landscape transformation of an alpine floodplain influenced by humans – Historical analysis of aerial images. *Hydrological Processes*, online.
- [7] Robinson C.T., Döring M., Seelen L. (2011): Importance of protected areas for freshwater biomonitoring – Case studies in Switzerland. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management* 3, 13–23.
- [8] Robinson C.T., Örtli B. (2009): Long-term biomonitoring of alpine waters in the Swiss National Park. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management* 1, 23–34.