

Geschiebe- und Habitatsdynamik – Forschungsprogramm «Wasserbau und Ökologie»

Anton Schleiss, Robert Boes, Jakob Brodersen, Michael Doering, Mário Franca, Olga Nadyeina, Michael Pfister, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, David Vetsch, Christine Weber, Volker Weitbrecht, Silke Werth

Zusammenfassung

Nach erfolgreichem Abschluss der interdisziplinären Vorgängerprojekte «Rhone-Thur» und «Integrales Flussgebietsmanagement» wurde im Rahmen des durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) unterstützten Forschungsprogramms «Wasserbau und Ökologie» ein neues Projekt gestartet, welches sich auf die Geschiebe- und Habitatsdynamik in Fließgewässern konzentriert. Im Projekt werden die zwei Themenschwerpunkte Geschiebereaktivierung und Gewässerdynamisierung sowie Revitalisierung von Auenlandschaften bearbeitet. Im vorliegenden Beitrag werden die Zielsetzung sowie die Projektschwerpunkte mit den daraus resultierenden einzelnen Teilprojekten vorgestellt.

Résumé

Après l'achèvement avec succès des deux projets interdisciplinaires précédents, un nouveau projet a été démarré dans le cadre du programme de recherche «Aménagement de cours d'eau et écologie» soutenu par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Le projet se focalise sur la dynamique du transport solide ainsi que la dynamique des habitats liés au cours d'eau. Deux thèmes principaux sont élaborés plus en détail; c'est à dire la réactivation de la dynamique du transport solide et du cours d'eau lui-même ainsi que la revitalisation des zones alluviales. La présente contribution décrit en détail les objectifs, les grandes lignes du projet et les sous-projets correspondants.

1. Zielsetzung

Behörden auf Bundes- und Kantonsebene stehen vor der grossen Herausforderung, die Fließgewässer als Lebensraum aufzuwerten und den Schutz vor Hochwasser sicherzustellen. Um die Behörden in ihren Anstrengungen zu unterstützen, hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) vor mehr als zehn Jahren das interdisziplinäre Forschungsprogramm «Wasserbau und Ökologie» lanciert. Ziel des Programms ist es, wissenschaftliche Grundlagen zur Beantwortung aktueller Praxisfragen zu erarbeiten und umsetzungsgerecht aufzubereiten. Am Programm beteiligen sich Ökologen, Flussbauingenieure und Sozialwissenschaftler von vier Institutionen des ETH-Bereichs sowie weitere Partner aus Praxis und Wissenschaft. Damit soll die praxisorientierte Forschung an den Institutionen langfristig gestärkt und der Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis gesichert werden.

«Rhone-Thur-Projekt» und «Integrales Flussgebietsmanagement»: Diese beiden Projekte wurden im Rahmen des Programms bereits erfolgreich abgeschlossen. Projektunterlagen sowie die Umsetzungsprodukte für die Praxis finden sich auf der Projektwebsite «www.rivermanagement.ch». Im Herbst 2013 ging die Zusammenarbeit nun in die dritte Runde. Im Austausch mit Praxispartnern wurden

folgende zentralen Forschungsbereiche identifiziert:

- Feststofftransport (und Wasserführung): Bedeutung hinsichtlich Sicherheit und Ökologie, vor allem in mittelgrossen Gewässern
- Gewässerraum als Lebensraum: optimale Gestaltung und Nutzung des Gewässerraums hinsichtlich Sicherheit und Ökologie und unter Berücksichtigung der sozialen Dimension

Das neu lancierte Forschungspro-

jekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik» nimmt diese Fragestellungen auf und konzentriert sich auf zwei Projektschwerpunkte (Bild 1):

1: Geschiebereaktivierung und Gewässerdynamisierung

2: Revitalisierung von Auenlandschaften

Die beiden Projektschwerpunkte mit ihren insgesamt elf Teilprojekten werden in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellt. Das Projekt wird über die gesamte Projektdauer von einer Begleitgruppe aus

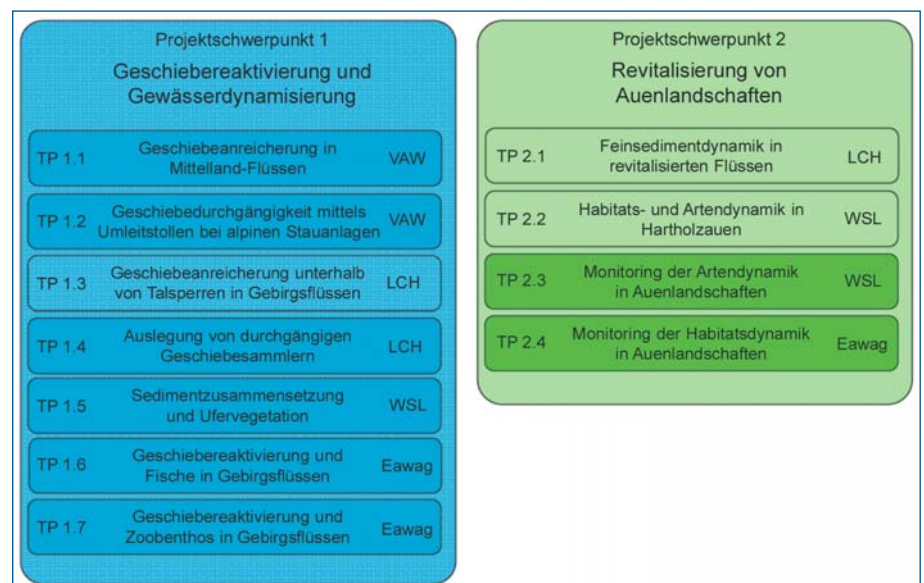


Bild 1. Übersicht über die zwei Projektschwerpunkte und elf Teilprojekte (TP) des interdisziplinären Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik».

Praktikern beraten und unterstützt. Ein Schwerpunkt in der Arbeit der Begleitgruppe bildet die Konzeption der Umsetzungsprodukte. Wie in den vorangehenden Projekten werden die Projektergebnisse einem breiten Publikum zugänglich gemacht werden, z.B. mittels Merkblättern und Kursen.

2. Projektschwerpunkt 1: Geschiebereaktivierung und Gewässerdynamisierung

2.1 Einleitung

Aufgrund von Art. 43 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) darf «der Geschiebehaushalt im Gewässer [...] durch Anlagen nicht so verändert werden, dass [...] Lebensräume [...] wesentlich beeinträchtigt werden.» Es liegt jedoch in der Natur der Sache, dass Stauanlagen den Geschiebetrieb unterbrechen. Eine Lösung besteht in der Geschiebereaktivierung. Mögliche Massnahmen zur Geschiebereaktivierung sind die künstliche Anreicherung des Gewässers unterhalb von Stauanlagen mit Geschiebe oder das Durch- resp. Umleiten des Geschiebes im Staubereich. Beide Konzepte werden beispielsweise in Japan bereits mit Erfolg angewendet. Für die Schweiz sind grundsätzlich zwei praktische Fälle von Bedeutung:

- Geschiebereaktivierung bei Talsperren in Gebirgstälern unter Berücksichtigung der Restwasser- sowie der Schwall/Sunk-Problematik, und
- Geschiebereaktivierung bei Flusstauhaltungen in Alpenvorlandflüssen unter Berücksichtigung der Restwasserproblematik (bei Ausleitkraftwerken)

Die Auswirkungen und Kriterien einer Geschiebereaktivierung sind wenig untersucht. Konkret stellen sich folgende zentrale Fragen:

- Wie wird eine effektive Geschiebereaktivierung durchgeführt? D.h., wie und wann muss beschickt werden und welche Morphologie wird sich im Gewässer einstellen? Welche Abflüsse und Sedimenteigenschaften sind massgebend?
- Was ist eine ökologisch optimale Geschiebereaktivierung? D.h., welche Indikatoren beschreiben aus ökologischer Sicht einen ausreichend dynamischen Geschiebetransport und was sind die besten Zeiträume für die Geschiebereaktivierung? Wie viel Geschiebe wird benötigt und wie kann mit den Schüttungen gewährleistet werden, dass die gewünschten Habitate wie Fischlaichgründe entstehen?

Diese Fragen sind für die Praxis mit wissenschaftlichen Untersuchungen zu beantworten. Dabei hat unter anderem eine Zustandserfassung bei beeinflussten Strecken und ein Vergleich mit Referenzstrecken zu erfolgen.

Das interdisziplinäre Projekt geht diese Problematik mit mehreren eng verknüpften Teilprojekten an (*Bild 1*). Dabei werden die Wirkung und Bewirtschaftung von geschütteten Geschiebedepots flussabwärts von Talsperren und Flusstauhaltungen untersucht. Bei Talsperren muss dies im Rahmen einer Dynamisierung des Restwassers sowie der geplanten Spülungen geschehen. Bei Flusstauhaltungen müssen die Schüttungen bereits bei geringen und mittleren Hochwasserabflüssen vom Fluss erodiert werden können, um damit den zuvor geschiefreien Abschnitt stromabwärts anzureichern. Im Falle von Ausleitkraftwerken ist auch die Dynamisierung des Restwassers zu berücksichtigen. Die Resultate dieses interdisziplinären Projekts sollen ebenso Anhaltspunkte geben, wie die Bestimmungen der Gewässerschutzverordnung (Abschn. 4 GSchV) eingehalten werden können, ohne den Betrieb der Stauanlagen massgeblich zu beeinträchtigen.

Im Weiteren weisen die Schweizer Fließgewässer eine grosse Anzahl an Querbauwerken auf, die Geschiebe plan- oder unplanmässig zurückhalten und daher negative Auswirkungen auf die morphologischen und ökologischen Bedingungen im Unterwasser haben (Eintiefungs- und Erosionstendenz, Verlust von morphologischer und biologischer Vielfalt). Zu diesen Bauwerken zählen in erster Linie die bereits erwähnten Stauanlagen für die Wasserkraftnutzung sowie Geschiebesammler zur Gefahrenprävention. Derartige Querbauwerke halten in der Regel nahezu alles Geschiebe zurück, sodass zur Kompensation der Erosionstendenz im unterhalb liegenden Gewässer häufig Schwellen und massive Ufersicherungen eingesetzt werden. In den meisten Fällen wird damit auch die Durchgängigkeit für Fische und andere Lebewesen unterbrochen. Das fehlende Geschiebe verursacht zudem grosse Defizite im Einmündungsbeereich zum Hauptgewässer.

Als Gegenmassnahmen bieten sich hydraulisch-konstruktive Lösungen zur Geschiebedurchleitung an solchen Querbauwerken bzw. zur Reaktivierung des Geschiebetriebs im Staubereich und im Unterwasser an. Geschiebeumleitstollen führen z.B. im Hochwasserfall ankommendes Geschiebe um das Absperrbauwerk

herum und ermöglichen dadurch auch die Remobilisierung von Geschiebeablagerungen im Unterwasser mittels dynamischer Hochwasserabgaben ähnlich zum Zustand ohne Sperre. Geschiebesammler können mit Dosier- oder Sortiersperren versehen werden, welche insbesondere für kleinere, bettbildende Hochwasser mit einer Jährlichkeit von typischerweise zwei bis fünf Jahren immer einen natürlichen Geschiebedurchgang gewährleisten und erst bei grösseren Hochwassern das Geschiebe zurückhalten und so die Gerinnekapazität unterhalb gewährleisten. Mit beiden Massnahmen, Umleitstollen bzw. Dosier-/Sortiersperren, wird ein Wechsel von der vormals endgültigen Geschiebeablagerung in Speichern bzw. Geschiebesammlern hin zur Geschiebezwischenlagerung angestrebt.

2.2 Kurzbeschreibung der Teilprojekte

Der Projektschwerpunkt 1 «Geschiebereaktivierung und Gewässerdynamisierung» umfasst sieben Teilprojekte (*Bild 1*). Diese werden nachfolgend kurz vorgestellt.

TP 1.1 Geschiebeanreicherung in Mittelland-Flüssen (VAW)

Der Geschiebetransport in einem Mittellandfluss kann durch Geschiebeanreicherung verbessert werden. Als Quelle für das Geschiebe können Kiesschüttungen (*Bild 2*) oder das bestehende Ufer, sofern erodierbar, dienen. Der massgebende Prozess zur Aktivierung dieser Geschiebedepots ist die Seitenerosion, die sich aus einer Kurvensituation oder durch spezielle Einbauten induzieren lässt. Die Auswirkungen dieser lokalen Geschiebequellen auf das Nah- und Fernfeld eines Flussabschnitts und somit auf den Revitalisierungserfolg sind unklar und sollen daher mittels hybrider Modellierung (numerisch – experimentell) untersucht werden. Mithilfe numerischer Simulationen der Hydraulik und des Geschiebetransports an einem längeren Flussabschnitt (Fernfeld) soll ermittelt werden, welche Sedimentfracht notwendig ist, um eine Verbesserung der morphologischen Heterogenität und Dynamik und somit der ökologischen Verhältnisse zu erlangen, wobei auch die Fragen der Korngrössen und der Transportdistanzen von Bedeutung sind. Mithilfe von Laborversuchen sollen die lokalen Prozesse der Seitenerosion (Nahfeld) im Detail untersucht werden. Zu variierende Parameter sind dabei unter anderem die Heterogenität des Sohlenmaterials. Parallel zu den Laborversuchen werden numerische Simulationen mit der Software BASEMENT

durchgeführt, um die im Labor gemessenen Erosionsraten zu reproduzieren. Die Arbeit vertieft das Grundlagenwissen zum Prozess der Seitenerosion und dessen Parametrisierung für die Prognose mittels numerischer Simulation. Zusätzlich soll für die Praxis aufgezeigt werden, wie Einbauten bzw. Kiesschüttungen optimal ausgeführt werden können (z.B. Ort und Art der Zugabe, Häufigkeit der Erneuerungen), damit sie effizient Seitenerosionsprozesse auslösen und gleichzeitig als Geschiebedepot dienen.



Bild 2. Kiesschüttung Breitensteinstrasse in der Limmat. Blick gegen die Fliessrichtung. Photo: AWEL, Baudirektion Kanton Zürich.

TP 1.2 Geschiebedurchgängigkeit mittels Umleitstollen an alpinen Stauanlagen (VAW).

Die Geschiebeführung an der Albula (GR) unterhalb des Speichers Solis ist seit Inbetriebnahme der Talsperre im Jahr 1986 sehr stark bis vollständig reduziert. Mit dem jüngst in Betrieb genommenen Geschiebeumleitstollen ergibt sich nun die Möglichkeit, zusätzlich zur dynamischen Hochwasserabgabe auch Geschiebe durch bzw. um den Stauraum herum zu leiten und dem Unterwasser zuzuführen. Anhand von Feldmessungen und numerischen Simulationen soll der Einfluss der geschieberelevanten Hochwasserereignisse und der Geschiebedurchleitung auf die morphodynamische Entwicklung einer ausgedehnten Fließstrecke mit Schwerpunkt auf das Fernfeld studiert werden (Albula und Hinterrhein über den verzweigten Abschnitt in Rhäzüns hinaus bis zum Zusammenfluss mit dem Vorderrhein). Ergänzend dazu sollen neuartige Verfahren, wie z.B. «Tagging» von grobem Geschiebe, unterhalb der Stauanlage Solis das bestehende Monitoring-Programm von VAW und ewz (Elektrizitätswerk der Stadt Zürich) ergänzen. Die daraus gewonnenen Ergebnisse dienen der Validierung der numerischen Modelle und ermöglichen, die Auswirkung auf den ökologischen Zustand zu dokumentieren. Durch die numerische Simulation verschiedener Langzeitszenarien soll der Betrieb des Umleitstollens hinsichtlich der ökologischen Entwicklung im Unterwasser unter Beachtung seiner Funktion als Entlandungsmassnahme optimiert werden. Zudem soll die Wirkung der Feststoffreaktivierung anhand einer differenzierten Betrachtung von remobilisiertem Material untersucht werden (Unterschied zwischen Geschiebeanreicherung durch Spülung und der Umlagerungen entlang der Fließstrecke durch Hochwasser, Erfassung von Transportdistanzen). Die Ergebnisse sollen derart aufgearbeitet werden, dass sie auf andere Projekte mit Massnahmen zur Re-

aktivierung der Geschiebedurchgängigkeit als Prognosemöglichkeit übertragen werden können.

TP 1.3 Geschiebeanreicherung unterhalb von Talsperren in Gebirgsflüssen (LCH)

Bei Talsperren mit grossen Stauseen in alpinen Einzugsgebieten ist die Durchleitung von Geschiebe nicht möglich. Geschiebeschüttungen in der Restwasserstrecke unterhalb der Talsperre sind deshalb der einzig gangbare Weg. Im Gegensatz zu Schüttungen in Mittellandflüssen ist für den Abtransport der Depots jedoch nicht die Seitenerosion der massgebende Prozess. Vielmehr müssen auch Überströmen und schießende Strahlerosion aktiviert werden, sodass die Depots bei einem gewünschten zeitlich beschränkten Abflussereignis jedes Jahr auch tatsächlich mobilisiert werden. Der gewünschte Abfluss muss mit einer Dynamisierung des Restwasserabflusses resp. durch Generierung von künstlichen Hochwassern durch Öffnung des Grundablasses, allenfalls kombiniert mit Spülungen, erzielt werden. Im Rahmen des Teilprojekts werden künstlich angelegte Sedimentdepots untersucht, welche unterstrom von Talsperren in der Nähe der Restwasserabgabestelle angelegt werden. Mit systematischen hydraulischen Modellversuchen sollen die hydraulisch-morphologischen Aspekte resp. die kurzzeitige Mobilisierung solcher künstlichen Geschiebedepots beschrieben werden. Dabei stehen empirische Dimensionierungsgrundlagen im Vordergrund: Die eingebauten Geschiebedepots sollen bezüglich ihrer Form, der Lage (Ausrichtung) und dem Ort optimiert werden. Gleichzeitig wird abgeklärt, welche gesteuerten Abflüsse (Zeitraum, Dauer und Grösse) erforderlich sind, um die Depots unterhalb der Talsperre zu mobilisieren und über den zu sanierenden Gewässerabschnitt zu verteilen. Es sollen Empfehlungen erarbeitet werden, wie die Depots in Gebirgsflüssen unterhalb von Stauanlagen

in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten und der Gewässercharakteristik anzulegen sind.

TP 1.4 Auslegung von durchgängigen Geschiebesammlern (LCH)

In vielen Gebirgsbächen wurden in der Vergangenheit stromaufwärts von Schwemmkegeln Geschiebesammler gebaut (Bild 3), welche bei Hochwasserereignissen das Geschiebe zurückhalten und so die Hochwasserabflusskapazität des Gerinnes auf dem Schwemmkegel gewährleisten und Siedlungen schützen (z.B. Schächen, Altdorf, sowie die meisten Seitenzuflüsse zur Rhone). Diese Geschiebesammler halten nahezu alles Geschiebe zurück, sodass im Gewässer unterhalb eine Erosionstendenz besteht und viele Gerinne gesichert werden mussten, beispielsweise mit Schwellen. In den meisten Fällen wurde damit auch die Durchgängigkeit für Fische und andere Organismen unterbrochen. Das fehlende Geschiebe verursacht zudem Defizite im Einmündungsbereich zum Hauptgewässer. Gewisse Geschiebesammler können sich bei extremen Hochwasser zudem unerwartet entleeren und so gefährliche Ausuferungen verursachen. Mit systematischen Modellversuchen sowie einer Analyse von bestehenden Geschiebesammlern im In- und Ausland sollen Geschiebesammler entwickelt werden, welche die oben genannten Nachteile möglichst unterbinden. Dabei muss zwischen den verschiedenen Gewässertypen mit unterschiedlichen Geschieberegimes unterschieden werden. Ziel ist es, Bemessungskriterien für die Auslassorgane von neuen Geschiebesammlern zu geben (z.B. Typ und Anordnung) sowie Anpassungsregeln bei bestehenden vorzuschlagen. Es soll dabei insbesondere für kleinere, bettbildende Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von zwei bis fünf Jahren immer ein natürlicher Geschiebedurchgang gewährleistet bleiben, d.h., der Geschiebesammler soll erst bei grösseren Hochwassern das Geschiebe zurückhal-

ten. Wünschenswert wäre auch eine teilweise, dosierte Selbstentleerung nach grösseren Hochwasserereignissen. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden einen Beitrag zur Dynamisierung des Geschiebes durch Geschiebesammler in beeinträchtigten Gewässern leisten und die Problematik der Entleerung und Lagerung grosser Geschiebemengen entschärfen.

TP 1.5. Sedimentzusammensetzung und Ufervegetation (WSL)

Da der Kenntnisstand zu dieser Thematik ungenügend ist, wird zunächst eine systematische Literaturanalyse zum Thema «Auswirkungen von unnatürlichen Abflussverhältnissen und verändertem Geschiebehalt auf auentypische Lebensgemeinschaften» durchgeführt. Im Rahmen von Gewächshausversuchen konnte im Projekt «Integrales Flussgebietsmanagement» gezeigt werden, dass sowohl die Korngrössenverteilung als auch der Humusanteil der Sedimente die Keimungsraten bei der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) stark beeinflussen. Es wird erwartet, dass veränderte Abflussverhältnisse und ein veränderter Geschiebehalt erst die Keimraten und später die Konkurrenzverhältnisse zwischen auentypischen Straucharten einerseits und invasiven Problempflanzen andererseits verändern können. In umfangreichen Gewächshausexperimenten wird der Einfluss von Korngrösse, Humusanteil und Nitratgehalt des Wassers auf Keimrate und Etablierung von Jungpflanzen getestet. In Folgeexpe-

rimenten werden Konkurrenzverhältnisse zwischen ausgewählten Arten bei unterschiedlichen Feuchteverhältnissen untersucht. Das Teilprojekt soll unter anderem auf nachfolgende Fragen Antwort geben: Welche Korngrössenverteilung ist für die Keimung von auentypischen Straucharten wie *Salix triandra*, *S. daphnoides* oder *Myricaria germanica* entscheidend? Kann der Humusanteil in Sedimenten die Konkurrenzverhältnisse zwischen auentypischen Straucharten und invasiven Problempflanzen beeinflussen (z.B. *Buddleja davidii*, *Heracleum mantegazzianum*)?

TP 1.6 Geschiebereaktivierung und Fische in Gebirgsflüssen (Eawag)

Lebewesen nutzen die Gewässersohle auf unterschiedlichste Weise, beispielsweise zur Nahrungssuche, als Substrat zur Fortpflanzung oder als Refugium. Ein wichtiges Ziel von Geschiebesanierungen ist denn auch die Förderung und Erhaltung einheimischer Pflanzen- und Tierarten sowie ihrer Lebensräume. Um Sanierungsmassnahmen planen und ihren ökologischen Erfolg beurteilen zu können, sind verschiedene Grundlagen nötig. Erstens ist eine gute Kenntnis des natürlichen Geschieberegimes sowie seiner direkten und indirekten Auswirkungen auf die unterschiedlichen Organismen, Arten und Altersstadien zwingend. Zweitens gilt es abzuschätzen, wie sich menschliche Eingriffe in das Geschieberegime auf die Struktur und Funktion von Fliessgewässerökosystemen auswirken. Drittens müssen aussagekräftige,

praxistaugliche Indikatoren verfügbar sein, um die ökologischen Auswirkungen einer Sanierungsmassnahme prognostizieren sowie die Beeinflussung des Geschieberegimes vor und nach einer Sanierung beurteilen zu können. Die drei Punkte werden im Teilprojekt mit einem integralen Ansatz angegangen: Zum einen wird untersucht, wie sich Eingriffe in das Geschieberegime auf Flussfischgemeinschaften auswirken (Vergleich unbeeinflusste, beeinträchtigte und sanierte Geschiebedynamik). Zum anderen ziehen wir auch Interaktionen im weiteren Nahrungsnetz mit ein. Wir konzentrieren uns auf die Ernährung und das Wachstum juveniler und adulter Fische sowie auf die Zusammensetzung der Fischgemeinschaften (z.B. Dichte, Altersstruktur). Methodisch werden Felddaten und experimentelle Ansätze unter kontrollierten Bedingungen in Versuchsrinnen kombiniert.

TP 1.7 Geschiebereaktivierung und Zoobenthos in Gebirgsflüssen (Eawag)

Die Gewässersohle ist ein wichtiger Lebensraum für verschiedene Pflanzen und Tierarten. Es ist bekannt, dass menschliche Eingriffe wesentliche Auswirkungen auf die Struktur der Gewässersohle haben. Hierzu zählen unter anderem die Kolmatierung oder Eintiefung der Gewässersohle durch verminderte Geschiebedynamik oder durch Geschiebeentnahme. Die Auswirkungen dieser Eingriffe auf das Zoobenthos der Gewässersohle ist in verschiedenen Studien untersucht worden. Weitgehend unbekannt ist allerdings, wie sich Sanierungsmassnahmen in Form von Geschiebezugaben oder -mobilisierungen auf das Zoobenthos auswirken. Darüber hinaus ist von Interesse, ob Änderungen in der Zusammensetzung des Zoobenthos im Zuge von Geschiebesanierungen als Indikator zur Erfolgskontrolle oder für Monitoringprogramme herangezogen werden können. In diesem Zusammenhang ergeben sich folgende Fragen: Wie wirkt sich eine Geschiebezugabe sowie eine räumlich und zeitlich veränderte Geschiebedynamik auf die Verteilung und Zusammensetzung der Zoobenthosgemeinschaften aus? Zeigen die Gemeinschaften ein allgemeines Verhalten in Bezug auf eine geänderte Geschiebedynamik und/oder infolge von Geschiebezugaben? Können Veränderungen der Zoobenthosgemeinschaften herangezogen werden, um aussagekräftige und praxistaugliche Indikatoren zu definieren für eine Bewertung des Ist-Zustands, zur Prognose der Auswirkungen von Geschiebezugaben und -dynamisierungen sowie für eine Erfolgskontrolle?



Bild 3. Geschiebesammler am Dorfbach von Sachseln mit Grobrechen zum Schutz vor Geschwemmseil. Die kleine Durchlassöffnung staut den Sammler schnell ein, sodass die Geschiebedurchgängigkeit bereits bei kleineren Hochwasser nicht mehr gewährleistet ist (Photo Dr. Martin Jäggi).

3. Projektschwerpunkt 2: Revitalisierung von Auenlandschaften

3.1 Einleitung

Natürliche Auenlandschaften sind äusserst heterogene und dynamische Ökosysteme und spielen daher eine wichtige Rolle für die Biodiversität und den Schutz vor Naturgefahren. Durch Klimaveränderung und menschliche Einflüsse wie Wassernutzung, Kanalisierung und Wasserkraftproduktion gehören sie aber gleichzeitig zu den am meisten gefährdeten Systemen weltweit. In der Schweiz sind bereits mehr als 70% aller Auenlandschaften verschwunden und nur noch sehr wenige befinden sich in einem naturnahen Zustand. Das GSchG verlangt in den kommenden Jahrzehnten eine umfassende Revitalisierung der Gewässer. Aquatische und auentypische Lebensgemeinschaften sollen gefördert und Ökosystemdienstleistungen wie Trinkwasserversorgung, Energieproduktion oder Erholung erhalten werden. Hinzu kommt, dass gerade bei grösseren Flüssen der verfügbare bzw. ausgewiesene Raum für Revitalisierungen beschränkt ist und deshalb optimal genutzt werden sollte. Diese verschiedenen sozioökonomischen und ökologischen Interessen haben ein hohes Konfliktpotenzial und stellen somit grosse Anforderungen an ein nachhaltiges Gewässer- und Auenmanagement mit dem Ziel, einen tragfähigen Kompromiss zwischen Gewässerschutz, Gewässernutzung und Hochwasserschutz zu finden. Um diese komplexe Aufgabe anzugehen, müssen zunächst die Zusammenhänge zwischen diesen einzelnen Bereichen in Form einer integrativen Sichtweise verstanden und berücksichtigt werden. Sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis stellt sich damit folgende Frage: Was ist nötig, um die Struktur und Funktion eines Ökosystems zu erhalten oder zu revitalisieren und gleichzeitig von seinen Leistungen zu profitieren, ohne dabei die Tragfähigkeit des Systems zu überschreiten und den Hochwasserschutz zu vernachlässigen? Werkzeuge und aussagekräftige Indikatoren, die eine Quantifizierung oder Vorhersage von Eingriffen oder Revitalisierungsmassnahmen hinsichtlich deren Auswirkungen auf ökologische (z. B. Erhöhung der morphologischen und biologischen Vielfalt) und sozioökonomische (z.B. Verlust an Wasserkraftproduktion, Eigentumsbelange) Belange erlauben, sind noch kaum vorhanden bzw. in ihrer Aussagekraft beschränkt.

In diesem Zusammenhang geht der Projektschwerpunkt «Revitalisierung von

Auenlandschaften» verschiedene Fragestellungen an.

- Wie lässt sich der ausgewiesene Gewässerraum im Rahmen von Revitalisierungen ökologisch, aber auch sozioökonomisch optimal nutzen?
- Wie müssen Revitalisierungen gestaltet werden, damit die Lebensgemeinschaften nach Abschluss der Revitalisierung hauptsächlich durch die natürliche Flusssdynamik geprägt werden und nur subsidiär durch Eingriffe oder Pflegemassnahmen?
- Wie lassen sich praxistaugliche Indikatoren validieren, die es ermöglichen, den Einfluss von Eingriffen und den Erfolg von Revitalisierungsmassnahmen zu quantifizieren und Projekte zu priorisieren?
- Wie muss eine Erfolgskontrolle aussehen, die es erlaubt Revitalisierungsmassnahmen in komplexen Auenlandschaften zu bewerten und gegebenenfalls im Sinne eines adaptiven Managements anzupassen?

Das Ziel dieses Projektschwerpunkts ist es, unter Einbezug der bereits bestehenden Grundlagen, ein integrales Management von fluss- und auentypischen Lebensgemeinschaften zu fördern und zu optimieren. Hierzu werden Indikatoren zur Beurteilung der Qualität des Lebensraumes, zur ökologischen Vernetzung und des Raumbedarfs validiert und entsprechend angepasst sowie Grundlagen und Vorgehensweisen zur Planung von Revitalisierungsmassnahmen und für Erfolgskontrollen respektive Defizitanalysen erweitert. Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine enge Verknüpfung und Zusammenarbeit zwischen den Teilprojekten stattfinden.

3.2 Kurzbeschreibung der Teilprojekte

Der Projektschwerpunkt 2 «Revitalisierung von Auenlandschaften» umfasst vier Teilprojekte (*Bild 1*). Diese werden nachfolgend kurz vorgestellt.

TP 2.1 Feinsedimentdynamik in revitalisierten Flüssen (LCH)

Obwohl der Kolmationsprozess von Flusssohlen schon erforscht wurde, ist der Transport und die Absetzung von Feinsedimenten in revitalisierten Gewässern noch kaum bekannt, insbesondere deren Effekt auf die Gewässerökologie. In vielen Gebirgsflüssen erfolgt der Eintrag direkt von den hochgelegenen Stauseen über die Speicherkraftwerke. Feinsedimente sind auch ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit Schwall und Sunk. Das

Abturbinieren von Feinsedimenten durch künstlich erzeugte Turbulenz in Stauseen ist eine erfolgversprechende Alternative zu Stauraumpülungen. Zukünftig ist daher mit einem erhöhten Eintrag von Feinsedimenten in Fliessgewässer zu rechnen. Aus hydraulischer Sicht stellt sich die Frage, welche Flussmorphologien weniger anfällig auf die Absetzung von Feinsedimenten und die Kolmation der Sohle sind (z.B. Auswaschung von Feinsedimenten durch sohlennahe Turbulenz). Damit können Empfehlungen für Renaturierungs- und Hochwasserschutzprojekte gegeben werden. Diese Fragestellung wird mit systematischen Modellversuchen mit Feinsedimenten angegangen, um die ablaufenden Prozesse besser zu verstehen (z.B. Einfluss von Schwall und Sunk auf Kolmation, Wirkung der Kolmation auf Benthos und Fische). Morphologie und hydraulische Randbedingungen des Versuchskanals werden dabei variiert. Dadurch wird es möglich, numerische Berechnungsmodelle zu überprüfen und zu kalibrieren, um künftig beliebige Gewässermorphologien untersuchen zu können. Begleitet werden diese Laborversuche von Felderhebungen, wobei auch ökologische Kriterien einbezogen werden. Diese Kombination von Laborversuchen, Felderhebungen und numerischen Simulationen wird es erlauben, Empfehlungen hinsichtlich des Verhaltens von Feinsedimenten bei Gewässerrevitalisierungen abzugeben.

TP 2.2 Habitats- und Artendynamik in Hartholzauen (WSL)

Ziel dieser Untersuchungen ist es, mittels populationsbiologischer Untersuchungen die minimalen Werte für Flächengrösse und Vernetzungsgrad von Auen-Lebensgemeinschaften zu bestimmen, damit die charakteristische Artenvielfalt und ihre genetische Diversität langfristig regional erhalten werden können. Der Fokus liegt auf den Lebensgemeinschaften der Hartholzauen mit Wiederkehrzeiten grösserer Sedimentumlagerungen im Bereich von bis zu über 150 Jahren. Wir untersuchen die Dynamik auentypischer Arten, insbesondere von Zielarten, welche als Totholzbewohner, Symbionten oder Epiphyten auf auentypische Baum- und Straucharten angewiesen sind (*Bild 4*). Diese Zielarten sind besonders abhängig von einem intakten Lebensraumverbund und können deshalb als Indikatoren für einen intakten Auen-Lebensraumverbund bei Erfolgskontrollen eingesetzt werden. Basierend auf den im Projekt «Integrales Flussgebietsmanagement» gewonnenen Erfahrungen können



wir die populations- und landschafts-genetischen Forschungskonzepte auf die Lebensgemeinschaften der Hartholzauen übertragen. In den Untersuchungsgebieten charakterisieren wir die Metapopulationen der ausgewählten Zielarten und untersuchen die genetische Diversität der einzelnen Populationen sowie den Genfluss zwischen Populationen in Abhängigkeit von Habitatsgrösse, Habitatsqualität und Vernetzungsgrad. Aus den Untersuchungen lässt sich ableiten, unter welchen Bedingungen Zielarten sich etablieren und langfristig überleben können. Die Erkenntnisse liefern wissenschaftliche Grundlagen für die Dimensionierung von Revitalisierungen, welche die konkrete Förderung von Auen-Zielarten ermöglichen.



Bild 4. Zielarten wie die Eichen-Stabflechte (*Bactrospora dryina*) sind auf einen intakten Auen-Lebensraumverbund angewiesen. Photo: WSL.



Bild 5. Geschiebe- und Lebensraumdynamik machen Auenlandschaften zu den artenreichsten Ökosystemen der Schweiz. Photo: Eawag.

TP 2.3 Monitoring der Artendynamik in Auenlandschaften (WSL)

Basierend auf bereits erarbeiteten Grundlagen, werden smarte Indikatoren für die Lebensgemeinschaften der Auen entwickelt und getestet. Die Indikatoren für das Monitoringkonzept beurteilen die Qualität des Lebensraumes, die ökologische Vernetzung und die Bedeutung für national prioritäre Arten. Bei der Festlegung der Entwicklungsziele stellt sich jeweils die Frage des Potenzials respektive der Referenzsituation. Bezüglich Biodiversität ist die regional vorhandene Flora und Fauna zu berücksichtigen, insbesondere die noch vorhandenen Populationen der Zielarten. Die vollständigste, räumlich und zeitlich dokumentierte Information über Zielarten existiert in den nationalen Daten- und Informationszentren (Info Flora, CSCF, Swiss Lichens, Swiss Fungi, NISM, Schweizerische Vogelwarte Sempach). Das Teilprojekt soll unter anderem auf nachfolgende Fragen Antwort geben: Welche auentypischen Lebensgemeinschaften werden sich erwartungsgemäss in einer revitalisierten Aue einstellen? Welche Zielarten werden sich durch natürliche Ausbreitungsprozesse in einer revitalisierten Aue etablieren? Mit welchen Massnahmen, wie der Schaffung von Trittsteinen, Korridoren und Vergrösserung des Lebensraumes, lassen sich auentypische Lebensgemeinschaften und die Anzahl resp. Populationsgrösse von Zielarten fördern? Mit diesen Untersuchungen lassen sich räumlich (Perimeter von Revitalisierungen) und zeitlich (z.B. 3, 5, 10, 25, 100 Jahre) explizite Prognosen der sich etablierenden auentypischen Lebensgemeinschaften und Zielarten erstellen. Weiter lassen sich mit diesem Instrument die Potenziale hinsichtlich Biodiversitätsförderung verschiedener Revitali-

sierungsprojekte vergleichen. Schliesslich lassen sich die Spezifikationen eines begleitenden, langfristigen Monitorings zur Entwicklung der auentypischen Biodiversität erstellen.

TP 2.4 Monitoring der Habitatsdynamik in Auenlandschaften (Eawag)

Bestehende Indikatoren für Erfolgskontrollen und Monitoring, wie etwa aus dem Handbuch zur Erfolgskontrolle, beziehen sich häufig auf strukturelle Veränderungen in der Habitatsvielfalt unter der Annahme, dass sich diese positiv auf die Biodiversität auswirken (*Bild 5*). Die wenigen Untersuchungen dieser Zusammenhänge in Form von Erfolgskontrollen haben allerdings gezeigt, dass dies nicht zwingend der Fall sein muss. Darüber hinaus wurden bei diesen Untersuchungen funktionelle Aspekte in Form von Ökosystemprozessen, die den Stoffumsatz im System charakterisieren und somit eine wichtige Rolle in Nahrungsnetzen spielen, weitestgehend ausgeklammert. Weiterhin werden dynamische Verhältnisse, die insbesondere in Auenlandschaften von Bedeutung sind und durch menschliche Eingriffe verringert oder durch morphologische und hydrologische Revitalisierungsmassnahmen erhöht werden können, nicht berücksichtigt. Hierzu gehören z.B. Wasserstandsschwankungen, Überflutung, Vernetzung, aber auch Massnahmen wie Sedimentzugabe und -mobilisierung, die zu einer veränderten Geschiebedynamik führen. Daraus ergeben sich folgende angewandten Forschungsfragen: Welche bestehenden strukturellen Indikatoren sind eng mit der ökologischen Funktion verbunden und lassen sich damit allgemeingültig und für

unterschiedliche Auentypen anwenden? Wie lassen sich diese Indikatoren praxistauglich erweitern, anpassen und anwenden, um komplexe und dynamische Auensysteme zu bewerten? Wie lässt sich mit diesen Indikatoren eine Bewertung des Ist-Zustands, eine Prognose der Auswirkungen von hydrologischen und morphologischen Eingriffen oder Revitalisierungsmassnahmen sowie eine Erfolgskontrolle durchführen, um Projekte zu planen und zu priorisieren? Wie lassen sich diese Indikatoren möglichst effizient und auf Ökosystemebene für eine quantitative Erfolgskontrolle und ein Monitoring erfassen?

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. *Anton Schleiss*, Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
Station 18, CH-1015 Lausanne
Tel. +41(0)21 693 23 85, <http://lch.epfl.ch>
anton.schleiss@epfl.ch

Prof. Dr. *Christoph Scheidegger*
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL
Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf,
Tel. +41 (0)44 739 24 39, <http://www.wsl.ch>
christoph.scheidegger@wsl.ch

Dr. *David Vetsch*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW)
ETH Zürich, Wolfgang-Pauli-Strasse 27
CH-8093 Zurich
+41 (0)44 632 40 91, <http://www.vaw.ethz.ch>
vetsch@vaw.baug.ethz.ch

Dr. *Christine Weber*, Eawag: Das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs
Seestrasse 79, CH-6047 Kastanienbaum
+41 (0)58 765 22 14, <http://www.eawag.ch>
christine.weber@eawag.ch