

Lebensraum Gewässer – Sedimentdynamik und Vernetzung

Forschungsprogramm «Wasserbau und Ökologie»

David Vetsch, Jessica Allen, Anna Belser, Robert Boes, Jakob Brodersen, Sabine Fink, Mário J. Franca, Carmelo Juez, Olga Nadyeina, Christopher T. Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss, Annunziato Siviglia, Christine Weber, Volker Weitbrecht

Zusammenfassung

Nach erfolgreichem Abschluss der interdisziplinären Vorgängerprojekte «Rhône-Thur», «Integrales Flussgebietsmanagement» und «Geschiebe- und Habitatsdynamik» wurde im Rahmen des durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) unterstützten Forschungsprogramms «Wasserbau und Ökologie» ein neues Projekt gestartet, welches sich auf die Sedimentdynamik und Vernetzung in Fliessgewässern konzentriert. Das Ziel des Projekts ist es, das im Rahmen der Vorgängerprojekte erarbeitete Wissen weiter zu vertiefen und auszubauen. Dabei stehen wiederum konkrete Fragen und Antworten zu Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten im Vordergrund. Im vorliegenden Beitrag werden die Zielsetzung sowie die Projektschwerpunkte mit den daraus resultierenden einzelnen Teilprojekten vorgestellt.

1. Zielsetzung

Behörden auf Bundes- und Kantonebene 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 fünfzehn 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 und Flussbauingenieure von vier Institutionen des ETH-Bereichs (Eawag, LCH der EPFL, VAW der ETH Zürich, WSL) 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. Seit dem Programmstart im Jahre 2002 wur-

den drei praxisorientierte, interdisziplinäre Forschungsprogramme durchgeführt: «Rhône-Thur» (2002–2006), «Integrales Flussgebietsmanagement» (2007–2011), «Geschiebe- und Habitatsdynamik» (2013–2017). Die erarbeiteten Grundlagen sind auf www.rivermanagement.ch publiziert.

Mit dem Folgeprogramm «Lebensraum Gewässer – Sedimentdynamik und Vernetzung» (2017–2021) soll auf dem Wissen und den Erfahrungen aus den drei Vorgängerprogrammen aufgebaut werden. Es werden wiederum konkrete Fragen und Antworten zu Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten im Vordergrund stehen. Dieses Vorgehen ermöglicht eine Kontinuität und eine Vertiefung bzw. Weiterentwicklung der Forschungsschwerpunkte. Die zentralen Forschungsthemen lauten:

- Feststofftransport (und Wasserführung): Bedeutung hinsichtlich Sicherheit und Ökologie, vor allem in mittelgrossen Gewässern

- Gewässerraum als Lebensraum: Optimale Gestaltung, Nutzung und Unterhalt des Gewässerraums hinsichtlich Sicherheit und Ökologie

Das Thema Sedimente und Sedimentdynamik (Bild 1) mit seinen wichtigen, aktuellen und dringenden Fragestellungen wird vertieft und ausgeweitet – immer sowohl hinsichtlich wasserbaulicher als auch ökologischer Aspekte. Dabei steht der Einbezug der Vernetzung im Vordergrund.

Im Rahmen des Projekts werden nebst den wissenschaftlichen Originalpublikationen von den Projektmitarbeitenden wiederum Synthesepublikationen erarbeitet. Diese fassen die wichtigsten Erkenntnisse interdisziplinär und praxisorientiert zusammen. Damit soll der Wissenstransfer in die Praxis sichergestellt werden.

2. Kurzbeschreibung der Teilprojekte

Das Folgeprojekt umfasst 13 Teilprojekte (TP). Die TP werden jeweils von einer Institution koordiniert und es wird eine inten-



Bild 1. Unbeeinflusste natürliche Flussläufe wie der Tagliamento in Norditalien sind selten in Europa. Flussabschnitte mit einer vergleichbaren Dynamik, jedoch in kleinerem Rahmen soll es zukünftig in der Schweiz vermehrt geben (Foto: VAW).

sive Zusammenarbeit mit anderen beteiligten Institutionen gepflegt. Teilprojekt 4 wird von VAW und LCH gemeinsam geleitet.

TP1: Induzierte eigendynamische Flussaufweitungen (VAW)

Flussaufweitungen sind eine gängige Revitalisierungsmassnahme, wofür es verschiedene empirische und numerische Bemessungsansätze gibt. Die Thematik wurde an der VAW untersucht. Die eigendynamische Entstehung von Flussaufweitungen, wie etwa an der Kander (Bild 2), ist jedoch nach wie vor mit grossen Unsicherheiten verbunden, vor allem auch deren ökologische Wirkung unter den vorhandenen Einschränkungen hinsichtlich benötigter Flussbreite und hydrologischen Randbedingungen. Im Rahmen dieses Projekts soll daher der Aufweitungsprozess mit physikalischen Modellversuchen vertieft untersucht werden, wobei vor allem der Frage nachgegangen werden soll, inwiefern dieser durch die Form und Art von Einbauten gesteuert werden kann. Dabei ist auch der Erosionswiderstand von Uferböschungen zu berücksichtigen. Dieser lässt sich anhand der Erhebung der Böschungseigenschaften (Töss, Thur usw.) oder der Erosionsgeschwindigkeit, basierend auf Luftbildern oder Vermessungsdaten, abschätzen. Grundlage für die Untersuchungen wird eine vorgeschaltete Analyse bestehender Flussaufweitungen in der Schweiz und deren Entwicklung in den letzten Jahrzehnten sein.

Einbauten, wie z. B. Buhnen, dienen zum Schutz von Infrastruktur oder dem Land Dritter. Jedoch wurde der Einfluss von Einbauten und Totholzansammlungen zur Schaffung von Refugien oder zur Beeinflussung der lokalen Morphologie noch nicht untersucht. Zudem ist die Entwicklung der Sohle ober- und unterhalb der Aufweitung genauer zu untersuchen, womit die Geschiebebilanz des Gesamtsystems ermittelt werden kann. Es soll auch auf die Frage eingegangen werden, ob und in welcher Form Geschiebebewirtschaftung während der eigendynamischen Entstehung der Flussaufweitung notwendig ist. Es ist zu prüfen, ob Geschiebeentnahmen durch genügend Eigendynamik und ausreichende Transportkapazität allenfalls vermieden werden können. Diese Arbeit baut auf den Erkenntnissen des Vorgängerprojekts auf.

TP2: Mesohabitatmodellierung und Morphologie (VAW)

Bei der Mesohabitatmodellierung werden in einem Fließgewässer grössere zusammenhängende Bereiche als Habitat betrachtet. Solche Abschnitte können z. B. geomorphologisch ähnlich sein oder die Fließgrössen liegen in einer vorgegebenen Bandbreite. Darin liegt auch der wesentliche Unterschied zu einfacheren Ansätzen für die Habitatmodellierung resp. zu Mikrohabitatmodellen; die Beschreibung der Habitate beschränkt sich nicht auf lokale und teilweise isolierte Verhältnisse. Dadurch sollen übergeordnete Aussagen vom Flussabschnitt zum Flusslauf bis auf

Ebene Einzugsgebiet ermöglicht werden. Die Erhebungen von Mesohabitaten resp. die Perimeter mit einer jeweiligen Anzahl an Lebewesen erfordern eine aufwendige Identifizierung und Beprobung im Feld. Für die weitere Verwendung mit einem Simulationsmodell ist die Ausdehnung der so erfassten Lebensräume fixiert.

Für die Berechnung der Strömung und morphologischer Veränderungen in einem Fließgewässer gibt es eine Vielzahl von Simulationsmodellen, welche auch zur Charakterisierung von Mesohabitaten verwendet werden können. Jedoch gibt es bislang keine automatischen Verfahren, um die Ausdehnung der einzelnen Lebensräume zu identifizieren. Zudem fehlen Modelle, welche die Dynamik der Habitate bezüglich veränderlicher Morphologie oder die Wechselwirkung mit der Wassertemperatur berücksichtigen. Im Rahmen dieses Projekts sollen die oben genannten Lücken geschlossen werden. Für die Bestimmung der Merkmale der Lebensräume sowie der Zusammenhänge von physikalischen Modellgrössen und den biologischen Parametern ist jedoch nach wie vor eine enge Zusammenarbeit mit Gewässerökologen resp. Abstimmung mit den anderen Teilprojekten der Eawag und der WSL notwendig.

TP3: Bewirtschaftung von Hochwasserrückhalteräumen (VAW)

Die laterale Entlastung von Wasser aus einem Fluss während eines Hochwassers in seitlich, d. h. im Nebenschluss angeordnete Hochwasserrückhalteräume führt zu einer Reduktion des Abflusses im Hauptgerinne und somit zu einer Reduktion der Schleppspannung. Je nach Geschiebetrieb kommt es somit zu Auflandungen im Fluss. Die Wechselwirkung zwischen Strömung und Geschiebetransport beeinflusst die Trenncharakteristik des Entlastungsbauwerks im Sinne eines unkontrollierten Anstiegs der seitlichen Überfallintensität.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf Aussagen zur Hochwassersicherheit in Flüssen mit Geschiebetransport und lateraler Entlastung. Als Ausgangslage für dieses Projekt dient das «Positionspapier zu seitlichen Hochwasserentlastungen an Flüssen» der KOHS. Der Einfluss der Sohlenmorphologie wird in heute gängigen Bemessungskonzepten bzw. bei deren Umsetzung mittels numerischer Modelle in der Regel weitgehend nicht berücksichtigt, oder er wird nur sehr rudimentär abgebildet. Besonders die instationären Prozesse während des Durchgangs einer Hochwasserganglinie werden noch nicht



Bild 2. Eigendynamische Aufweitung am Beispiel der Kander Augand, 2006
(Quelle: Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis I).

adäquat numerisch abgebildet. Daher soll der Effekt von Sohlenveränderungen auf die Trenncharakteristik respektive das Zusammenspiel von Entlastung und Geschiebetransport eines seitlichen Entlastungsbauwerks mit numerischen 1D- und 2D-Modellversuchen vertieft untersucht werden. Zur Kalibrierung und Validierung des numerischen Modells können Laborexperimente verwendet werden. Weitere mögliche Aspekte sind der Einfluss eines Rückstaus aus dem Entlastungsraum in das Gerinne und allenfalls der Zurückfluss des Wassers aus dem Entlastungsraum in den Vorfluter.

TP4: Transport von Schwebstoffen in zusammengesetzten Gewässerprofilen mit Vorländern (LCH und VAW)

Die Vorländer von Fliessgewässern dienen in erster Linie zur Hochwassersicherheit, einerseits wegen der zusätzlichen Abflusskapazität und andererseits dienen sie als Rückhalteraum zur Reduktion von Hochwasserspitzen, aber auch für Totholz und Feinsedimente. Gewässervorländer sind aber auch sehr wichtig für die natürlichen Funktionen, dienen als Lebensraum, der Vernetzung und weiteren ökologischen Funktionen. Aus Sicht der Ökologie sollten die Vorländer zum grossen Teil bestockt sein; als Alternative zu einer durchgehenden, holzigen Vegetation sind auch krautige Anteile (Hochstauden und Gräser wie Schilf, Glanzgras) möglich. Die üblichen Vorländer sind meistens aus einer Gewässerkorrektur mit Doppelabflussprofil hervorgegangen. Da das Mittelgerinne normalerweise mit Blockwurf gegen die Vorländer abgegrenzt ist, sind Letztere von der natürlichen Dynamik abgekoppelt. Mit Ausnahme der mehr oder weniger regelmässigen Ablagerung von Feinsedimenten sowie Totholz finden kaum ökologisch relevante Sukzessionen statt.

Viele heute kanalisierte Alpenflüsse transportieren erhebliche Mengen an Feinsedimenten, insbesondere Gletscherschluff. Revitalisierungsprojekte erhöhen die Gerinnerauheit, was zwangsläufig die Ablagerung der Feinsedimente beeinflusst. Dieses Teilprojekt baut auf den Erkenntnissen des Vorgängerprojekts (Transport, Absetzung und Effekt von Feinsedimenten in revitalisierten Gewässern) auf, welches das Verhalten von Feinsedimenten in Abhängigkeit der Uferrauheit (Makrostrukturen) und den Rückhalt von Feinsediment im Bereich der Ufer untersucht hat. Diese Untersuchungen werden nun auf zusammengesetzte Profile, also auf Flüsse mit den oben erwähnten

Vorländern, ausgeweitet, und dies unter Berücksichtigung von Bewuchs auf den Vorländern. Zu dieser Problematik existieren heute nur sehr lückenhafte wissenschaftliche Grundlagen. Zu deren praxisorientierten Erarbeitung wird eine hybride Vorgehensweise mit physikalischen (LCH) und numerischen (VAW) Modelluntersuchungen vorgeschlagen.

TP5: Untersuchung der ökomorphologischen Wirksamkeit von Geschiebezugaben unterhalb von Talsperren (LCH)

Alpine Gewässer in Restwasserstrecken unterhalb von Talsperren sind wegen fehlender Hochwasser oftmals vollständig abgepflästert. Ziel ist es, durch Geschiebezugaben (alternierend angeordnete Geschiebedepots unterhalb des Grundablasses), kombiniert mit künstlichen jährlichen Hochwassern, wiederum die erforderlichen relativ feinen Kiesbankstrukturen auf der Abpflasterung zu generieren, welche als Fischlaichgründe funktionieren können.

Das Vorgängerprojekt gab Hinweise, wie Geschiebedepots unterhalb von Talsperren geschüttet werden müssen, und zwar sodass sich diese bei einem konstanten Hochwasserabfluss in einem geraden alpinen Gerinne als alternierende Kiesbanke (oder ähnliche Strukturen) bewegen. Nun soll die Wirksamkeit von künstlichen Geschiebeschüttungen auch in komplexeren Gewässermorphologien sowie für dynamische Hochwasserganglinien untersucht werden. Dabei sollen Antworten auf folgende noch offene Fragen gegeben werden:

- Einfluss der Ganglinien und Dauer der künstlichen Hochwasser auf die alternierenden Kiesbänke (oder ähnliche Morphologiestrukturen): Verteilung, Struktur, Schichtstärke
- Dauerhaftigkeit der Kiesbänke hinsichtlich natürlicher Hochwasserereignisse
- Entstehende flussmorphologische Strukturen durch Schüttungen bei verschiedenen Gewässermorphologien insbesondere bei leicht mäandrierenden Gewässern und Gewässern mit variablen Gerinnebreiten
- Einfluss von Geschiebezugaben auf die Sohlenstabilität in Gerinnenaufweitungen
- Charakterisierung der ökologischen Wertigkeit der entstehenden Habitatstrukturen (Ansatz Meso und HMID – Hydraulisch-morphologischer Vielfältigkeitsindex).

Die Untersuchungen werden mit systematischen Experimenten in einem Versuchskanal durchgeführt. Dies erlaubt, die Fortpflanzung der mit künstlichen Hochwassern mobilisierten Geschiebedepots im Gerinne detailliert zu verfolgen und mit morphologischen Kenngrössen systematisch zu charakterisieren. Parameter der Experimente sind Volumen und Anordnung des Geschiebedepots, Ganglinie des künstlichen Hochwassers, Gerinnemorphologie (Breitenänderungen und Krümmungen). Gemessen wird die Veränderung der Sohleneigenschaften als Folge der Fortpflanzung der Geschiebedepots nach ihrer Erosion (räumliche und zeitliche Verteilung). Die entstehenden Sohlenstrukturen und ihr Einfluss auf die Fliessverhältnisse werden mit HMID beurteilt.

TP6: Funktionsweise und konstruktive Gestaltung von durchlässigen Geschiebesammlern (LCH)

Die meisten Geschiebesammler in der Schweiz halten auch das Geschiebe bei kleineren Hochwassern (bis HQ₅) zurück, was aus Hochwasserschutzgründen nicht nötig und für die Geschiebedynamik im unterhalb liegenden Gewässer schädlich ist. Im Vorgängerprojekt konnte ein neues Konzept eines teildurchgängigen Geschiebesammlers (*Bild 3*) für den sicheren Rückhalt erarbeitet werden. Durch den Einsatz eines Leitgerinnes im Rückhalteraum von Geschiebesammlern und einem Abschlussbauwerk mit vorgelagertem Grobrechen können die Geschiebedurchgängigkeit bei geringem Abfluss verbessert und der sichere Geschieberückhalt bei Hochwasser optimiert werden. Nun soll die Funktionsfähigkeit des neuen Geschiebesammlers für Hochwasserganglinien sowie in Abhängigkeit der Ausgestaltung des Geschieberückhalterums untersucht werden. Dabei sollen folgende noch offene Fragen beantwortet werden:

- Einfluss der Ganglinien und Dauer der Hochwasser sowie Kornverteilung des Geschiebes auf den Geschiebedurchgang durch die Sperre
- Konstruktive Ausbildung der Durchlässe im Zusammenspiel mit dem Rückhalteraum
- Wie viel Geschiebe ist notwendig, um das Geschiebegleichgewicht und somit die gewünschten Habitate unterhalb des Geschiebesammlers zu reaktivieren und welches sind die entsprechenden bettbildenden Abflüsse? Wann können die oft vorhandenen sohlenstabilisierenden Massnahmen (Schwellen) entfernt werden?

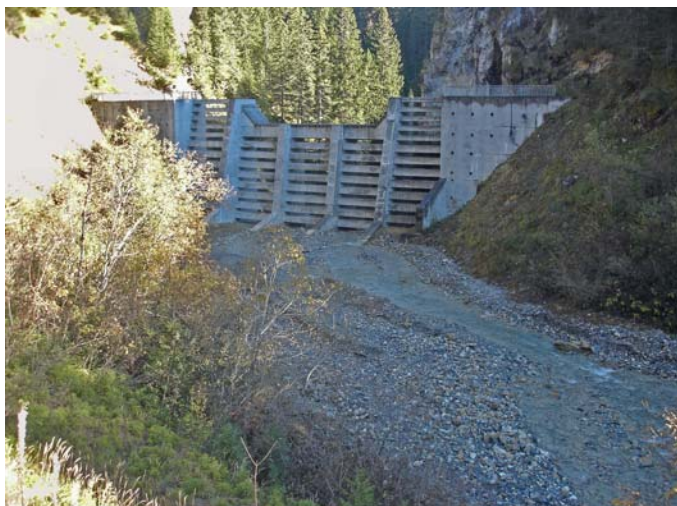


Bild 3. Geschiebesammler sollen so ausgestaltet werden, dass sie bei kleineren Abflüssen geschiebedurchgängig sind, wie etwa hier in Nant Rouge (Foto: Sebastian Schwindt).



Bild 4. Naturnahe Fließgewässer sind eng vernetzt mit ihrem Umland (Foto: Hannes Scheuber).

- Wie sollte der Geschieberückhalte-
raum ausgebildet und bewirtschaftet
werden, damit er auch ökologische
Funktionen erfüllen kann?

An der bereits vorhandenen Ver-
suchsinstallation sollen die weitergehen-
den systematischen Experimente durch-
geführt werden, um die erwähnten Fragen
zu beantworten.

TP7: Parameterstudie zur Kolmatie- rung von verschiedenen Substraten durch Feinsedimente (LCH)

In Zusammenhang mit Teilprojekt 4 geht
es darum, die Frage abzuklären, ob die
Gefahr besteht, dass es bei Renaturie-
rungsmassnahmen (makrorauhe Ufer und
zusammengesetzte Profile) zu einer Kol-
mation der potenziellen Habitate kommt.
Es geht insbesondere darum, die minima-
len Geschwindigkeitsverhältnisse in rena-
turierten Gewässerprofilen zu ermitteln,
welche die Gefahr von Kolmation in der
hyporheischen Zone ausschliessen.

Dabei werden folgende Aspekte
untersucht:

- Kolmation von verschiedenen Habita-
ten in Abhängigkeit der Granulometrie
und Dichte des Substrats in Abhängig-
keit der Strömungsverhältnisse
- Einfluss Infiltration und Exfiltration in
den Grundwasserkörper
- Konsequenzen auf Durchlässigkeit der
Gewässersohle und der Vorländer

Nach einem eingehenden Literatur-
studium und der Dokumentation des be-
stehenden Wissens werden in einem Ver-
suchskanal systematische Experimente
durchgeführt. Dabei werden das Gerinne-
bett (Kiesschicht) und die Tiefe der benth-
ischen Zone systematisch variiert. Genaue
punktuelle Geschwindigkeitsmessungen

(Turbulenz) mit der Laserdopplermethode
werden es erlauben, den Austausch in der
hyporheischen Zone und somit die Kolma-
tion zu verstehen und zu charakterisieren.

TP8: Geschiebedynamik und seitliche Vernetzung in Flussaue (Eawag)

Die Zusammensetzung der Sohle sowie
ihre Umlagerung durch Hochwasser
haben direkte und indirekte Auswirkun-
gen auf die Stoff- und Energieflüsse eines
Fließgewässers und damit auf Ökosys-
temfunktionen und Biodiversität. Stoff-
und Energieflüsse umfassen z. B. die Be-
wegung von Organismen, das An- oder
Abschwemmen von abgestorbenem
Pflanzenmaterial oder den Frass von Beu-
tetieren durch Räuber. Bleibt die Bewe-
gung der Sohle aufgrund fehlender Ab-
fluss- oder Geschiebedynamik aus, dann
kann sich z. B. Laub in der Sohle ansam-
meln. Eine verstärkte Ansammlung von or-
gischem Material in der Sohle kann die
Dynamik im aquatischen Nahrungsnetz
grundlegend verändern (z. B. Steigerung
der Produktion). Diese Veränderungen
übertragen sich von den Primärproduzen-
ten (Algen, Wasserpflanzen) auf höhere
Ebenen des Nahrungsnetzes (Invertebra-
ten, Fische). Eine veränderte aquatische
Produktivität kann zudem auch den seitli-
chen Stoffaustausch mit dem Umland be-
einflussen, z. B. via Insekten, die ihr Lar-
venstadium im Fließgewässer verbringen
oder für terrestrische Laufkäfer und Spin-
nen, die sich von aquatischen Organismen
ernähren.

Das Ziel von TP 8 ist es, das Ver-
ständnis über die komplexen, durchs Ge-
schieberegime beeinflussten Prozesse zu
verbessern, indem spezifisch der Stoff-
und Energiefluss zwischen dem Fluss und

dem umgebenden Auengebiet untersucht
wird (seitliche Vernetzung; *Bild 4*). Zum
einen gehen wir der Frage nach, ob sich
der Stoff- und Energiefluss in seitlicher
Richtung mit abnehmender Geschiebe-
dynamik verändert. Wir vermuten, dass
er abnimmt, da z. B. die Ufer und das Le-
bensraummosaik in der Aue stabiler und
weniger vielfältig sind. Zum anderen in-
teressiert uns, ob sich ein reduzierter seitli-
cher Stoff- und Energiefluss auf die aqua-
tische und terrestrische Biodiversität aus-
wirkt. Wir vermuten, dass sie verringert ist,
u. a. weil spezialisierte Arten im Gegensatz
zu Generalisten verloren gehen.

TP9: Resilienz und Resistenz von Flussökosystemen (Eawag)

Fließgewässer sind hochdynamische
Ökosysteme. Wassertemperatur, Fließ-
geschwindigkeit oder Trübung sind star-
ken Schwankungen unterworfen, so z. B.
abrupt bei Hochwasser nach einem Ge-
witter oder schleichend bei anhaltender
Trockenheit. Fließgewässerorganismen
haben über die Jahrtausende eine Vielzahl
von Anpassungen in Verhalten, Aussehen
und Lebenszyklus entwickelt, um mit für
sie ungünstigen Bedingungen umzuge-
hen. So bilden Invertebraten trockenheits-
resistente Dauerstadien aus oder Forellen
laichen während der hochwasserberuhig-
ten Winterzeit. Die Anpassungen wirken
direkt auf die Widerstandskraft (Resistenz)
und die Erholungsfähigkeit (Resilienz) der
Organismen und Populationen und damit
auf ihr langfristiges Vorkommen an einem
Standort.

Verhaltensbedingte Reaktionen
auf ungünstige Umweltbedingungen sind
z. B. das Aufsuchen von Refugien. Refu-
gien sind Lebensräume, in denen sich die

Umweltbedingungen während eines Ereignisses vergleichsweise wenig ändern. Refugien sind bisher wenig erforscht, einerseits weil sie oft nur während des Ereignisses entstehen (z. B. Flutung von Hinterwassern), andererseits weil dynamische Ereignisse generell wenig untersucht sind. Refugien werden darum in der Planung von Revitalisierungsprojekten auch gerne vergessen, trotz ihrer wichtigen ökologischen Funktion.

Das Ziel von TP9 ist es, Refugien als Schlüssellebensräume zu charakterisieren, ihre Verfügbarkeit, Funktionsweise und ökologische Bedeutung besser zu verstehen und fürs Fließgewässermanagement auszuweisen. Konkret gehen wir der Frage nach, ob das Vorkommen von Refugien sowie die Resistenz und Resilienz ausgewählter Organismen (Invertebraten, evtl. Fische) gegenüber Trockenheit in hydromorphologisch wenig beeinträchtigten Abschnitten generell höher ist als in beeinträchtigten, unter besonderer Berücksichtigung von grundwassergespiesenen Habitaten.

TP10: Effekte von Geschiebe und Längsnetzungsstörungen auf kieslaichende Fische (Eawag)

Längsnetzungsstörungen in Fließgewässern sind meist mit zwei grossen Beeinträchtigungen für lokale Fischpopulationen verknüpft. Erstens verändern Eingriffe in die Geschiebedynamik die Substratverhältnisse für kieslaichende Fische. Zweitens werden Laichwanderungen für manche Fischarten durch unüberwindbare Querbauwerke begrenzt. Weltweit ist viel Geld in Sedimentzugaben investiert worden, um die Laichverhältnisse für Salmoniden zu verbessern. Um diese Zugaben standortgerecht zu gestalten, ist ein vertieftes Wissen über die jeweiligen Flüsse sowie die lokalen Fischpopulationen und deren (Laich)Substratansprüche nötig.

Die Forelle (*Salmo trutta*) ist die häufigste und ökonomisch bedeutendste Fischart in Schweizer Fließgewässern. Ein kritischer Lebensraum sind Laichplätze mit relativ grobkörnigem Kies. Die optimale Korngrösse ist jedoch abhängig von der Grösse der laichenden Fische. Kleine Forellen brauchen kleinere Kiespartikel als grössere. Forellen in Schweizer Fließgewässern zeigen hohe innerartliche Variabilität in ihrer Lebensgeschichte. So kommen wandernde und nichtwandernde Formen vor und relativ spät- resp. frühreifende Individuen und Populationen. Die unterschiedlichen Lebensgeschichten haben einen direkten Effekt auf die Grösse

der laichenden Fische. In der Mehrzahl der Fälle erreichen nichtwandernde und frühreifende Forellen die Laichreife bei kleinerer Körpergrösse als wandernde und spätreifende Forellen.

Ziel dieses Teilprojekts ist es, ein besseres Verständnis der Laichsubstratansprüche von Forellen zu erlangen. Einerseits soll der Zusammenhang zwischen der Korngrössenverteilung und der Körpergrösse von Forellen resp. ihres Alters bei Erlangung der sexuellen Reife untersucht werden. Andererseits sollen die Auswirkungen der Korngrössenverteilung in Kombination mit der Dichte und Gröszenstruktur von verschiedenen Populationen auf das Laichverhalten und den Laich-erfolg von Forellen untersucht werden.

TP11: Habitat- und Metapopulationsdynamik der Zielart *Myricaria germanica* (WSL)

Heutige Vorkommen von Zielarten in dynamischen Bereichen wie den Kiesbänken sind das Resultat von diversen Prozessen der Habitat- und Metapopulationsdynamik. Um zukünftige Vorkommen und das Potenzial für die Besiedlung neu geschaffener Lebensräume durch Zielarten vorzusagen und somit realistische Ziele für Revitalisierungen zu setzen, müssen diese Prozesse an Modellarten untersucht werden. Die Deutsche Tamariske (Bild 5) eignet sich aufgrund ihrer Zeigerfunktion für Geschiebeumlagerungen und ihrer strikten Standortbindung an Auen als Modellart für kiesbankbewohnende Arten. Die Verbindung von klassischen populationsbiologischen Untersuchungen (bspw. Ausbreitungsradien) und populationsgenetischen Methoden (indirekte Bestimmung von Ausbreitungsradien) ermöglicht ein vertieftes Verständnis der Prozesse, welche zum Muster der heutigen Artvorkommen geführt haben.

In diesem Projekt sollen kleinräumige Prozesse in revitalisierten Gewässerschnitten analysiert und mit Referenzsituationen verglichen werden. Wir untersuchen die Besiedlungsdynamik neu geschaffener Lebensräume (z. B. Flaz) und die Bedeutung von Quellfluren und Giesen für die Metapopulationsdynamik. Weiter führen wir die im Hinterrhein vorhandene 45-jährige Beobachtungsreihe der Tamarisken-Metapopulation weiter und analysieren Metapopulationsprozesse mit populationsgenetischen Methoden. So können kleinräumige Prozesse über eine lange Zeitspanne anhand einer Modellart untersucht werden.



Bild 5. Die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) ist eine charakteristische Strauchart auf Kiesbänken (Foto: Christoph Scheidegger).

TP12: Störungs- und Metapopulationsdynamik von Zielarten der Auenwälder (WSL)

Der Einfluss von unterschiedlich intensiven ökologischen Störungsereignissen durch die Flussdynamik muss neben den Pionierstandorten in Flussnähe auch in Auenstandorten mit weniger hoher Dynamik, wie den Hartholzauenwäldern, untersucht werden. Eine besondere Herausforderung liegt darin, dass sich Hartholzauenwälder in jahrzehntelangen Sukzessionsreihen (Kiesbankvegetation, Weichholzauenwald, Hartholzauenwald) entwickeln und durch häufige, aber weniger intensive ökologische Störungen geprägt werden. Die Untersuchung der Dynamik über eine lange Zeitspanne kann durch Vergleiche von Zielarten als Vertreter von unterschiedlichen Entwicklungsstadien (Jungwald, Optimalphase, Altholz) von Hartholzauenwäldern vorgenommen werden. Interessant sind dabei vor allem die Ausbreitungsradien, um verlässliche Voraussagen für zukünftige Artvorkommen zu machen und die Arten längerfristig in ausreichend grossen und vernetzten Lebensräumen zu schützen. Da sich Zielarten in Hartholzauenwäldern jedoch hauptsächlich lokal ausbreiten und eine Ausbreitung über mehrere Kilometer erst nach längerer zeitlicher Verzögerung eintritt, wird die Ausbreitung idealerweise mit populationsgenetischen Methoden gemessen. Diese können aufzeigen, wie der Genfluss über geografische Distanzen



Bild 6. Die Zinnoberrote Fleckflechte (*Arthonia cinnabarina*) ist auf junge Eschen in Hartholzauenwäldern angewiesen (Foto: Christoph Scheidegger).

abnimmt. Populationsgenetische Daten können so auch zur Beschreibung der Habitatvernetzung eingesetzt werden.

Im Vorgängerprojekt untersuchten wir die Lebensraumansprüche und das Ausbreitungspotenzial der gefährdeten Eichenstabflechte, welche auf alte Eichen in relativ lichten, aber luftfeuchten Wäldern, insbesondere Hartholzauenwäldern, angewiesen ist. Diese Untersuchungen zeigten, inwiefern die räumliche Vernetzung auf Bestandesebene funktioniert und wie rasch nachwachsende Bäume – respektive neu geschaffene Lebensräume – nach einer Revitalisierung von dieser Art besiedelt werden können. Weil die Eichenstabflechte eine an alte Bäume gebundene Art ist, erwarten wir, dass die Besiedlung erst nach 70 bis 90 Jahren erfolgen kann.

An diese Untersuchungen soll nun angeknüpft werden, und zusätzlich zur Eichenstabflechte sollen Waldzielarten untersucht werden, welche auf junge Eschen in Hartholzauenwäldern (wie die Zinnoberrote Fleckflechte *Arthonia cinnabarina*, Bild 6) oder auf Grauerlen in Gebirgsauenwäldern angewiesen sind. In beiden Fällen untersuchen wir die Interaktionen zwischen Habitatqualität, Störungsfrequenzen und -intensitäten auf die Popu-

lationsdynamik der untersuchten Zielarten (Epiphyten auf Grauerlen, Eschen und Eichen). Zudem analysieren wir, welchen Raumbedarf Zielarten in Auen aufweisen. Diese Untersuchungen werden bei Projekten zur Wiederherstellung von Auen Hinweise darauf geben, welche Flächengrößen anzustreben sind.

TP13: Förderung und Erhaltung von Zielarten in dynamischen Flusslandschaften (WSL)

Die Modellierung von Zielarten in Auengebieten ermöglicht Aussagen zu Schlüsselfaktoren für Artvorkommen. Diese Indikatoren sowie Kenntnisse zur Ausbreitungsbiologie von Zielarten erlauben, Gebiete mit Potenzial zur Förderung und Erhaltung von Zielarten zu identifizieren, was wiederum für die Planung von Revitalisierungen wesentlich ist. Neben natürlichen Veränderungen können anthropogene Einflüsse von Schwellen, Dämmen, Restwasserstrecken usw. in fragmentierten Landschaften sichtbar gemacht und konkrete Veränderungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

In diesem Projekt planen wir die Modellierung von Zielarten unter Einbezug von kleinräumigen Habitatstrukturen (bspw.

Totholzvorkommen für Pilzarten) und populationsbiologischen Charakteristika (bspw. Vernetzung, Populationsgrösse, Austausch zwischen Populationen). Dadurch ermöglichte Rückschlüsse auf bspw. minimale Habitatflächen erlauben es, dass der zur Verfügung stehende Raum optimal für die Biodiversitätsförderung geplant werden kann. So können vorhandene Vorkommen von Zielarten und dadurch die ökologische Wiederherstellung von Auen gezielt gefördert werden.

Massnahmen zur gezielten Förderung von Habitaten werden in Fallstudien getestet, und die Resultate fliessen in die Verfeinerung der Modelle ein. Angestrebt wird zudem, dass Erkenntnisse zu Veränderungen in Geschiebehauhalt und Abflussregime aus anderen Teilprojekten in die Modellierung mit geografischen Informationssystemen eingebunden werden können, um eine wichtige Datenlücke zu schliessen.

Anschrift der Verfasser

Anna Belser (Gesamtkoordination)

Bundesamt für Umwelt, BAFU, Abteilung Gefahrenprävention, CH-3003 Bern,

+41 (0)58 464 60 12, <http://www.bafu.admin.ch>,

anna.belser@bafu.admin.ch

Prof. Dr. Christoph Scheidegger

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf, +41 (0)44 739 24 39, <http://www.wsl.ch>,

christoph.scheidegger@wsl.ch

Prof. Dr. Anton Schleiss, Dr. Carmelo Juez

Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Station 18, CH-1015 Lausanne, +41(0)21 693 23 85, <http://lch.epfl.ch>,

anton.schleiss@epfl.ch

Dr. David Vetsch

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) ETH Zürich, Hönggerberg 26, CH-8093 Zürich, +41 (0)44 632 40 91, <http://www.vaw.ethz.ch>, dvetsch@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