

4 > Vernetzung von Fließgewässern

Silke Werth, Maria Alp, Julian Junker, Theresa Karpati, Denise Weibel, Armin Peter, Christoph Scheidegger

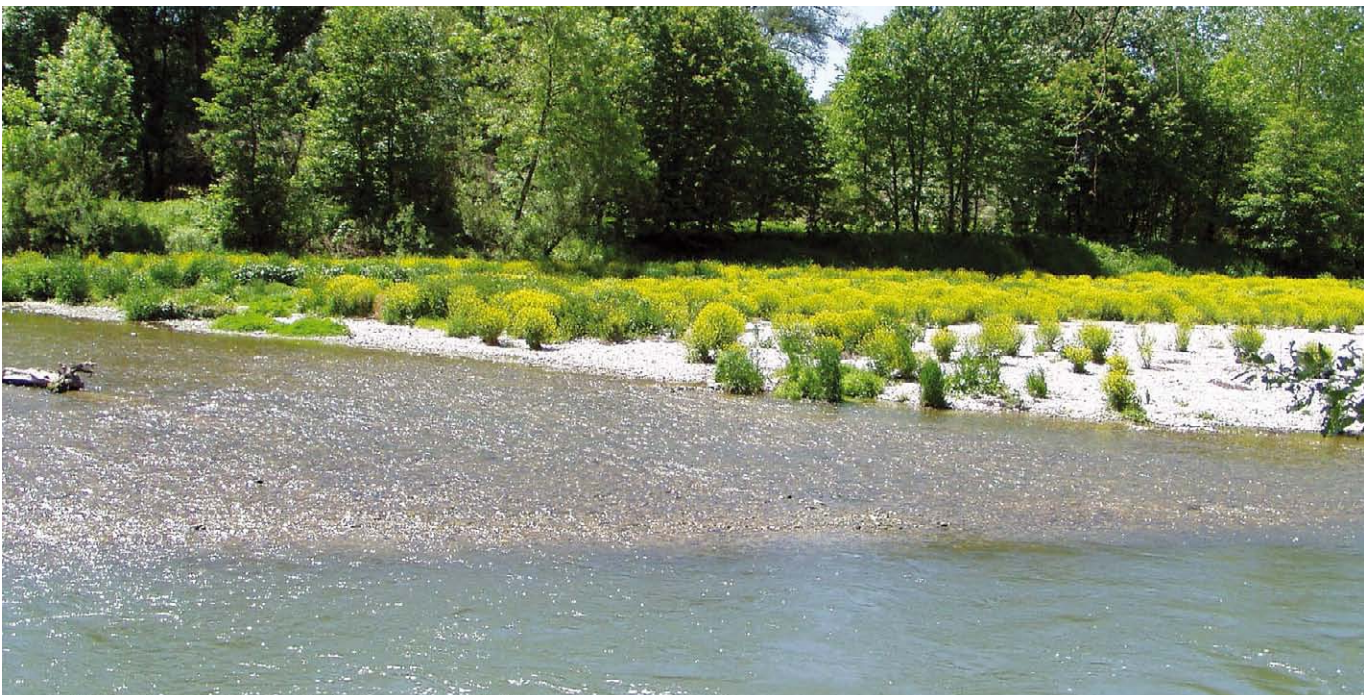
Die verschiedenen Abschnitte eines Fließgewässers sind Teile eines Ganzen und beeinflussen sich gegenseitig. Kenntnisse über die Vernetzung sind Voraussetzung dafür, lokale und regionale Prozesse in Fließgewässern zu verstehen. Wie diese bei einer Revitalisierung am besten berücksichtigt werden können, zeigt das vorliegende Merkblatt.

Vernetzte Lebensräume

Der Begriff Vernetzung beschreibt Austauschprozesse und Interaktionen zwischen aquatischen und/oder terrestrischen Lebensräumen; dazu zählen der Transport von Wasser, Geschiebe, Energie, Nährstoffen sowie der aktive oder passive Transport von Organismen. Im vorliegenden Merkblatt wird der Begriff enger gefasst und bezieht sich auf die Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Ausbreitung aquatischer, amphibischer und terrestrischer Organismen. Wichtig ist die Unterscheidung zwischen struktureller und funktioneller Vernetzung. Lebensräume können rein strukturell miteinander vernetzt sein, zum Beispiel durch Korridore. Korridore sind streifenförmige Landschaftsstrukturen, die zumindest theo-

retisch die Wanderung von Organismen von einem Lebensraum zum nächsten ermöglichen. Lebensräume sind erst dann auch funktionell vernetzt, wenn Organismen die Korridore als Wanderwegen tatsächlich annehmen und wenn Genfluss zwischen den Populationen stattfindet. Revitalisierungen haben zum Ziel, die natürlichen Funktionen von Fließgewässern und damit auch ihre Vernetzung wiederherzustellen.

Die longitudinale Vernetzung bezeichnet den Austausch zwischen den Lebensräumen flussaufwärts und flussabwärts innerhalb desselben Einzugsgebiets sowie zwischen Hauptfluss und Zuflüssen (Abb. 1, Uehlinger 2001). Longitudinal vernetzte Fließgewässer sind durchgängig für verschiedene Organismengruppen und ermöglichen die Wanderung von Fi-



Seitliche Vernetzung mit der Auenlandschaft an der Isar bei Moosburg (D).

Foto: Harald Matzke

schen wie der Seeforelle oder der Nase ebenso wie die Samenausbreitung von Pflanzen wie der Tamariske. Auch Fische mit eher kurzen Wanderdistanzen (z. B. Bachforelle, Groppe) und andere aquatische, amphibische und terrestrische Organismen sind auf eine longitudinale Vernetzung angewiesen. Diese ermöglicht den Fortbestand und die Neugründung von Populationen entlang von Fließgewässern und ihren Zuflüssen. Sie ist damit entscheidend für die Populationsentwicklung und das Überleben vieler Organismen.

Die laterale Vernetzung ist die seitliche Anbindung eines Fließgewässers über das Ökoton an Uferzonen, Auenhabitate und andere terrestrische Lebensräume (Abb. 1). Die laterale Vernetzung der Fließgewässer mit den terrestrischen Habitaten des Uferbereichs und der weiteren Umgebung ist für Organismengruppen wie Amphibien, Arthropoden oder aquatische Insekten von zentraler Bedeutung, weil sie für ihren Lebenszyklus auf unterschiedliche Habitattypen angewiesen sind. Terrestrische und aquatische Nahrungsnetze hängen eng zusammen. Eine Unterbrechung der lateralen Vernetzung wirkt sich deshalb auf zahlreiche Organismen negativ aus, sowohl auf räuberische Arten (z. B. Vögel, Fische, Wirbellose) als auch auf Arten, die auf einen Eintrag von Laubstreu vom Uferbereich angewiesen sind (z. B. Bachflohkrebs).

Die vertikale Vernetzung beschreibt die Wechselwirkungen zwischen dem Fließgewässer und dem hyporheischen Interstitial sowie zwischen den Boden bzw. das Grundwasser bewohnenden Lebensgemeinschaften (Abb. 1). Vertikal vernetzte Systeme sind wichtig für die In- und Exfiltration des Grundwassers sowie für die Entwicklung verschiedener Organismen, vor allem für Fische und Wirbellose.

Genfluss und Populationsmodelle

Die Vernetzung beeinflusst den Genfluss zwischen Populationen (Abb. 2). Genfluss findet dann statt, wenn sich Individuen in der Population, in die sie einwandern, fortpflanzen und so zum Genpool (Gesamtheit der Genotypen) beitragen. Bei vielen Ausbreitungsereignissen findet kein Genfluss statt, weil die eingewanderten Individuen wieder abwandern oder sterben, bevor sie sich fortpflanzen haben. Da Arten unterschiedliche Ausbreitungsfähigkeiten haben und mehr oder weniger spezifisch in der Wahl ihrer Lebensräume sind, wurden theoretische Modelle formuliert, um die Populationen zu beschreiben (Tab. 1). Die Modelle sind nicht starr und können bei einer Art variieren. So bilden manche Arten in Teilen ihres Verbreitungsgebiets zusammenhängende Populationen, während sie in anderen Gebieten kleine, isolierte Bestände oder Metapopulationen haben (z. B. Tamariske).

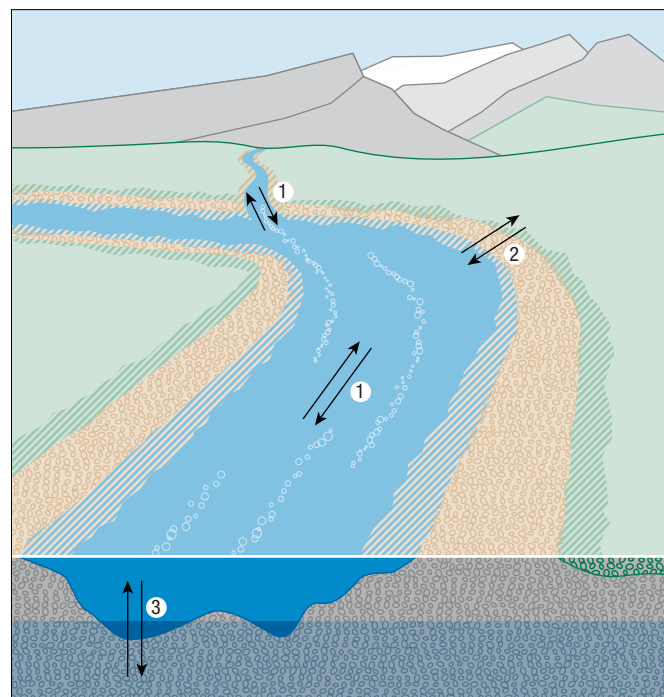


Abb. 1 Vernetzung. 1: longitudinal zwischen Abschnitten am Hauptfluss und zwischen Hauptfluss und Zuflüssen; 2: lateral zwischen terrestrischen und aquatischen Ökosystemen; 3: vertikal zwischen Sohle und hyporheischem Interstitial. Illustration nach Malmqvist 2002

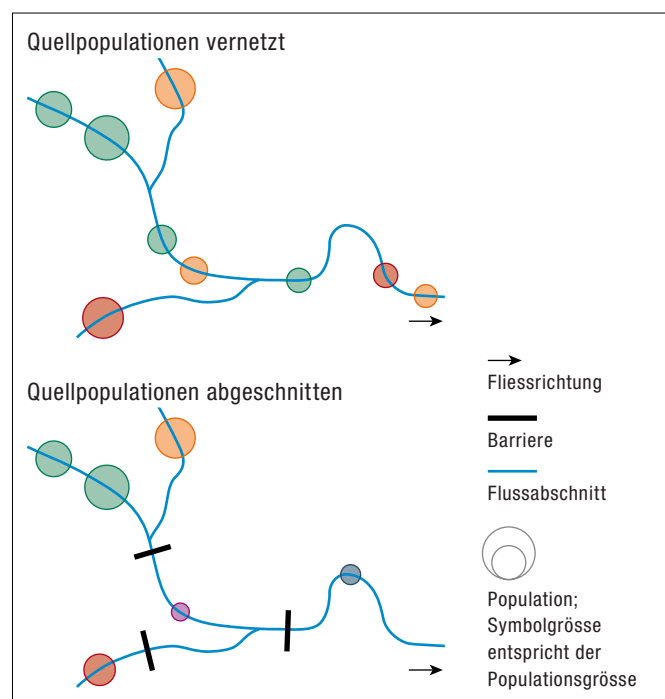


Abb. 2 Einfluss der Vernetzung auf Grösse und genetische Zusammensetzung lokaler Populationen bei einem Source/Sink-Populationsmodell. Genetisch verschiedene Bestände sind farblich gekennzeichnet. Illustrationen nach Silke Werth

Barrieren

Die Vernetzung der Fließgewässer in der Schweiz ist durch natürliche und anthropogene Barrieren beeinträchtigt (Flussrevitalisierungen: eine Übersicht). Welche Struktur effektiv eine Barriere darstellt, hängt von der Art ab. Eine mehrere Meter hohe Staustufe beispielsweise kann von aquatischen Insekten mit geflügelten Adultstadien problemlos überwunden werden, während sie die flussaufwärts gerichtete Wanderung von Fischen und flügellosen aquatischen Wirbellosen wie Bachflohkrebsen und Muscheln verunmöglicht (MB 6, Durchgängigkeit von Blockrampen). Gewisse Barrieretypen beeinträchtigen die Drift flussabwärts, d.h. den passiven Transport von Organismen mit dem Wasser. Drift ist eine wichtige Ausbreitungsart für das Makrozoobenthos und beeinflusst die Verteilung von Fischen. Nach Hochwasserereignissen ist sie für die Besiedlung von flussabwärts gelegenen Standorten ver-

antwortlich und beeinflusst die Entwicklung und Strukturierung von Lebensgemeinschaften des Makrozoobenthos. Barrierewirkungen können auch durch spezielle Situationen im Gewässer entstehen, zum Beispiel durch ungenügenden Abfluss oder Abschnitte mit schnellem Abfluss. Für terrestrische Organismen können Staudämme oder kanalisierte Fließgewässerabschnitte mit fehlenden Auen- und Kiesbankbereichen Barrieren darstellen, welche die Ausbreitung und den Genfluss der Arten behindern.





Distanz und Strahlwirkung

Die Distanz zwischen Lebensräumen stellt für viele ausbreitungslimitierte Arten eine Barriere dar – eine sogenannte weiche Barriere, die zwar nicht unüberwindbar ist, aber trotzdem einem Hindernis gleichkommt. Sie kann ein Problem für Lebensraumspezialisten sein, die seltene Lebensraumtypen

> Tabelle 1

Populationsmodelle für terrestrische und aquatische Organismen von Fließgewässern.

Die Illustrationen folgen Tero *et al.* (2003) und Pollux *et al.* (2009).

Modell	Illustration	Charakteristik	Beispiele	Priorisierung von Massnahmen
Isolierte Populationen		Die Populationen einer Art sind so stark isoliert, dass kein Genfluss stattfindet. Dieses Populationsmodell gilt für seltene Arten, die an Fließgewässern kleine Bestände haben.	<ul style="list-style-type: none"> > Tamariske (<i>Myricaria germanica</i>) im Schweizer Mittelland > Kiesbankgrashüpfer (<i>Chorthippus pullus</i>) am Vorderrhein > Bachforellen (<i>Salmo trutta fario</i>) in getrennten Seitengewässern 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Förderung der Arten an Standorten, wo sie noch vorkommen 2. Wiederansiedlungen nur wenn geeignete Lebensräume vorhanden sind und nur mit lokalen Organismen
Räumlich strukturierte Populationen		Individuen von Arten mit diesem Populationsmodell bewegen sich vorwiegend zwischen räumlich benachbarten Beständen. Die genetische Struktur unterscheidet sich zwischen den Fließgewässerabschnitten.	<ul style="list-style-type: none"> > Bachflohkrebs (<i>Gammarus fossarum</i>) und Gropppe (<i>Cottus gobio</i>) an der Sense (BE/FR) > Schwarzpappel (<i>Populus nigra</i>) im Schweizer Mittelland 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bestände entlang des ganzen Fließgewässers erhalten und fördern 2. Longitudinale Vernetzung verbessern
Metapopulationen		Bei Metapopulationen ist die Bestandsentwicklung von dem häufigen Erlöschen alter Bestände und von der Gründung neuer Populationen gekennzeichnet (oben). Die Zahl der Neugründungen muss die Zahl der Verluste übersteigen, sonst stirbt eine Art lokal aus. Bei durch Wasser ausgebreiteten Arten ist es möglich, dass die Ausbreitung vermehrt flussabwärts erfolgt (unten). In diesem Fall sind die Quellpopulationen an den Oberläufen zu schützen.	<ul style="list-style-type: none"> > Tamariske (<i>Myricaria germanica</i>) am Vorder- und Alpenrhein (GR, SG) > Kleiner Rohrkolben (<i>Typha minima</i>) im Rheindelta > Alpen-Knorpelsalat (<i>Chondrilla chondrilloides</i>) > Kiesbankgrashüpfer (<i>Chorthippus pullus</i>) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. So viele grosse Bestände wie möglich erhalten 2. Revitalisierungen in der Nähe von existierenden Beständen durchführen 3. Longitudinale Vernetzung prüfen und ggf. erhöhen 4. Dynamik prüfen und ggf. erhöhen 5. Quellpopulationen erhalten und ggf. fördern
Zusammenhängende Populationen		Arten mit diesem Populationsmodell sind gute Ausbreiter und können neue Standorte über grosse Distanzen hinweg besiedeln. Sie werden durch Revitalisierungen gefördert, auch wenn diese weit entfernt von bestehenden Beständen durchgeführt werden.	<ul style="list-style-type: none"> > Purpurweide (<i>Salix purpurea</i>) > Silberweide (<i>Salix alba</i>) > Eintagsfliege (<i>Baetis rhodani</i>) an der Sense (BE/FR) > Schwarzpappel (<i>Populus nigra</i>) an der Rhone (VS) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Intakte Habitate erhalten 2. Wenn die Qualität der Habitate ungenügend ist, Massnahmen zur ihrer Verbesserung durchführen

bewohnen. Die Tamariske beispielsweise ist auf einen räumlichen Verbund von Kiesbänken verschiedener Hochwasserwiederkehrzeiten und Sukzessionsstadien der Vegetation angewiesen. Diese Habitate sind in den vom Menschen veränderten Fließgewässern selten geworden. Für Arten wie die Tamariske sind Revitalisierungen nur dann erfolgversprechend, wenn sie in der Nähe von Quellpopulationen durchgeführt werden.

Die Strahlwirkung beschreibt die positive Wirkung eines Strahlursprungs auf angrenzende Gewässerbereiche. Als Strahlursprünge werden Gewässerabschnitte mit Lebensgemeinschaften und/oder Populationen bezeichnet, die als Quellpopulationen für die Besiedlung geeigneter angrenzender Lebensräume dienen (Abb. 2). Der Ausbreitungsweg der Organismen wird auch Strahlweg genannt. Dieser ist in vernetzten Fließgewässern länger als in nicht vernetzten, weil sich die Organismen über weitere Distanzen ausbreiten können.

Zeitliche Veränderung der Vernetzung

Die Vernetzung von Fließgewässern kann sich im Jahreslauf mit dem Abfluss ändern. Wenn Flüsse abschnittsweise trockenfallen – sei dies natürlicherweise oder weil Wasser für die Bewässerung von Feldern entnommen oder für die Energiegewinnung zurückgehalten wird – ist die Vernetzung für aquatische Organismen nicht mehr gewährleistet. Fällt dieser Mangel an Vernetzung zeitlich mit der Ausbreitung von aquatischen Organismen zusammen, können diese keine neuen Populationen gründen. Dies beeinträchtigt ihre Populationen, besonders wenn es sich um Metapopulationen handelt. Im Extremfall kann dies langfristig zum lokalen Aussterben des Bestandes einer Art in einem Einzugsgebiet führen.

Isolierte Populationen

Barrieren wirken sich auf den Genfluss aquatischer und terrestrischer Arten aus. Wenn der Genfluss über mehrere Generationen unterbunden wird, werden die Teilpopulationen isoliert, und dadurch kann genetische Vielfalt verloren gehen. Arten mit kleinen Populationen sind von diesem Verlust besonders betroffen. Bei grossen Populationen kann es hingegen mehrere Generationen dauern, bis eine genetische Differenzierung nachzuweisen ist oder die genetische Vielfalt verringert wird (Hartl und Clark 1997).

Aquatische Arten an der Sense

An der Sense (BE/FR) wurden drei aquatische Arten mit unterschiedlichen Ausbreitungsstrategien untersucht (Abb. 3):

- > Eintagsfliege (*Baetis rhodani*): Als Larve breitet sie sich wie der Bachflohkrebs aus. Als adultes Tier kann sie fliegen und Barrieren überwinden.
- > Bachflohkrebs (*Gammarus fossarum*): Er legt kleine Distanzen durch Kriechen (flussabwärts und -aufwärts) oder Driften (flussabwärts) zurück.



Abb. 3 Im Projekt genetisch untersuchte Arten. A1: Larve der Eintagsfliege (*Baetis rhodani*); A2: geflügeltes adultes Tier (Fotos: Maria Alp); B: Bachflohkrebs (*Gammarus fossarum*) (Foto: Maria Alp); C: Groppe (*Cottus gobio*) (Foto: Jeannette Gantenbein); D: Kiesbankgrashüpfer (*Chorthippus pullus*) (Foto: Theresa Karpati); E: Tamariske (*Myricaria germanica*) (Foto: Silke Werth)

- > Groppe (*Cottus gobio*): aktiv schwimmender Fisch, der Barrieren, die höher als 0,5 m sind (z. B. künstliche Stufen), nicht überwinden kann.

Der Genfluss zwischen Populationen der Groppe bzw. Populationen des Bachflohkrebses ist geringer als jener zwischen Populationen der Eintagsfliege (Abb. 4). Diese bildet an der Sense eine zusammenhängende Population und scheint in ihrer Ausbreitung nicht eingeschränkt zu sein. Ihre genetische Struktur widerspiegelt der hohe Genfluss zwischen ihren Populationen (Abb. 4, A).

Bei der Groppe beeinflussen die in den letzten 100 Jahren in der Sense gebauten Barrieren die genetische Struktur der Populationen (Abb. 4, B). Sie verhindern die Wanderung der Groppe flussaufwärts und führen zu einer genetischen Verarmung der Populationen oberhalb der Barrieren und zu einer Differenzierung der Populationen oberhalb und unterhalb der Barrieren.

Beim Bachflohkrebs ist die Barrierewirkung nicht eindeutig nachzuweisen. Die genetische Struktur ist eher durch die geografische Distanz geprägt als durch Barrieren (Abb. 4, C).

Bachflohkrebs und Groppe bilden an der Sense räumlich strukturierte Populationen. Die genetische Differenzierung von nahe beieinander liegenden Populationen ist geringer als bei weiter voneinander entfernten Populationen. Das deutet auf eine geringe Ausbreitungsfähigkeit dieser Arten hin.

Terrestrische Arten an der Isar

An der Oberen Isar in Süddeutschland wurden zwei terrestrische Arten mit unterschiedlicher Ausbreitungsstrategie untersucht (Abb. 3):

- > Der Kiesbankgrashüpfer (*Chorthippus pullus*) ist eine in der Schweiz vom Aussterben bedrohte Heuschreckenart und hat mit seinen kurzen Flügeln ein niedriges Ausbreitungspotenzial.

- > Die Tamariske (*Myricaria germanica*) kommt auf Kiesbänken und in Auen entlang von Fließgewässern vor und ist auf dynamische Ökosysteme angewiesen. In der Schweiz ist sie potenziell gefährdet. Sie pflanzt sich mit kleinen, flugfähigen Samen fort, die über Wind oder Wasser ausgebreitet werden.

Beim Kiesbankgrashüpfer stellen der Isarstausee und der Sylvensteinspeicher Barrieren für den Genfluss zwischen Populationen oberhalb und unterhalb der Stauseen dar (Abb. 5). Der Abschnitt zwischen den beiden Stauseen fiel zwischen 1949 und 1990 aufgrund von Ausleitungen jeden Sommer trocken. Trotzdem fand in diesem Fließgewässerabschnitt über weite Strecken Genfluss statt. Die geringen Abflussmengen haben die Vernetzung der terrestrischen Standorte und somit die Durchmischung der Populationen des Kiesbankgrashüpfers gefördert.

Bei der Tamariske ist die genetische Differenzierung von Populationen oberhalb und unterhalb der Stauseen deutlich (Abb. 5). Diese stellen für die Tamariske eine starke Barriere dar, obwohl sie dank ihrer durch Wind und Wasser verbreiteten Samen ein hohes Ausbreitungspotenzial aufweist. Der kanalisierte Abschnitt hat zwar weniger geeignete Lebensräume für die Tamariske, schränkt ihre Ausbreitung aber nicht ein.

Förderung der Vernetzung

Um die Lebensräume von Fließgewässern besser zu vernetzen, muss eine naturnahe Dynamik der Abflüsse und des Geschiebehaushalts wiederhergestellt werden. Dafür brauchen Fließgewässer mehr Raum für natürliche Prozesse und genügend Geschiebe. Falls es zu wenig Geschiebe geben sollte, kann der Geschiebehaushalt durch die Entfernung von Barrieren oder durch andere Massnahmen verbessert werden (MB 1, Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen).

> Tabelle 2

Massnahmen zur Förderung der Vernetzung.

Ziel	Massnahmen	Zu beachten	Profitierende Arten
Longitudinale Vernetzung	Ersetzen von Querverbauungen durch Blockrampen; Revitalisierung von Fließgewässerabschnitten; Anbindung an Zuflüsse	Gefälle; Anbindung an naturnahe Fließgewässerabschnitte	> Fische > Makrozoobenthos > Arten von Auen und Kiesbänken > Der Mensch
Laterale Vernetzung	Ufer und ufernahe aquatische Standorte naturnah gestalten; Verbauungen entfernen; Auenwald wiederherstellen	Raumbedarf des Fließgewässers	> Fische > Makrozoobenthos > Arten der Auen und Kiesbänke > Der Mensch
Vertikale Vernetzung	«Ökologisches Fluten» von Restwasserstrecken; Entfernen von künstlichen Sohlenverbauungen	Dynamischer Abfluss; Raumbedarf des Fließgewässers	> Fische > Makrozoobenthos > Wasserpflanzen > Evtl. Arten von Feuchtgebieten

Tabelle 2 fasst Massnahmen zusammen, mit denen sich die Vernetzung von Fließgewässern verbessern lässt. Bei der Planung von Revitalisierungen sind die Distanz zu den Quellpopulationen der Zielorganismen und deren Populationsgrösse zu beachten. Revitalisierte Flächen werden nur dann erfolgreich besiedelt, wenn sie innerhalb der maximalen Ausbreitungsdistanz der Zielarten gelegen sind. Ausbreitungsdistanzen unterscheiden sich stark zwischen Artengruppen (Tab. 3).

Empfehlungen für die Praxis

Die longitudinale Vernetzung lässt sich bei Revitalisierungen verbessern, indem die revitalisierten Strecken mit naturnahen oder natürlichen Fließgewässerabschnitten vernetzt werden. Zudem können anstelle von Querbauwerken Blockrampen gebaut werden, um bestimmte Fließgewässerabschnitte für Fische und andere aquatische Organismen durchgängig zu machen (MB 6, Durchgängigkeit von Blockrampen). Die Anbindung der Seitenzuflüsse an naturnahe Hauptgewässer ist wichtig (MB 5, Lokale Aufweitung von Seiteneinmündungen), weil damit die Artenzahlen der aquatischen Fauna rasch erhöht werden können. So wurde bei der Revitalisierung der Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals die Anzahl der Fischarten von 6 auf 16 erhöht, indem der Kanal mit dem Alpenrhein (GR/SG) vernetzt wurde.

Auenstandorte sollten durch Revitalisierungen miteinander vernetzt werden. Dabei ist der Lebensraumbedarf der Auenarten zu beachten: Während ihres Lebenszyklus benöti-

> Tabelle 3

Maximale Ausbreitungsdistanzen verschiedener Artengruppen (Werth *et al.* 2011).

Gruppe	Artengruppe	Maximaldistanz
Amphibien	Frösche, Kröten und Unken	1–4 km
Amphibien	Molche	0,5–1 km
Fische	Karpfenartige	58–446 km
Fische	Lachsfische	126 km
Insekten	Heuschrecken	1 km
Insekten	Libellen	5 km
Mollusken	Schnecken	0,9–3 km
Mollusken	Muscheln	10 km
Pflanzen	Blütenpflanzen	8–50 km

gen viele Arten verschiedene Habitate, die nahe beieinander liegen. Beispielsweise brauchen Amphibien Lebensräume wie Altarme zur Eiablage und Juvenilentwicklung sowie Lebensräume, in denen sie sich nach der Fortpflanzung aufhalten. Der Laubfrosch zum Beispiel hält sich nach dem Abläichen gerne in Hecken und Gebüsch auf.

Die laterale Vernetzung lässt sich fördern, indem den Fließgewässern Raum für eine naturnahe Dynamik gegeben wird (MB 1, Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen) und indem Uferzonen naturnah gestaltet werden, zum Beispiel

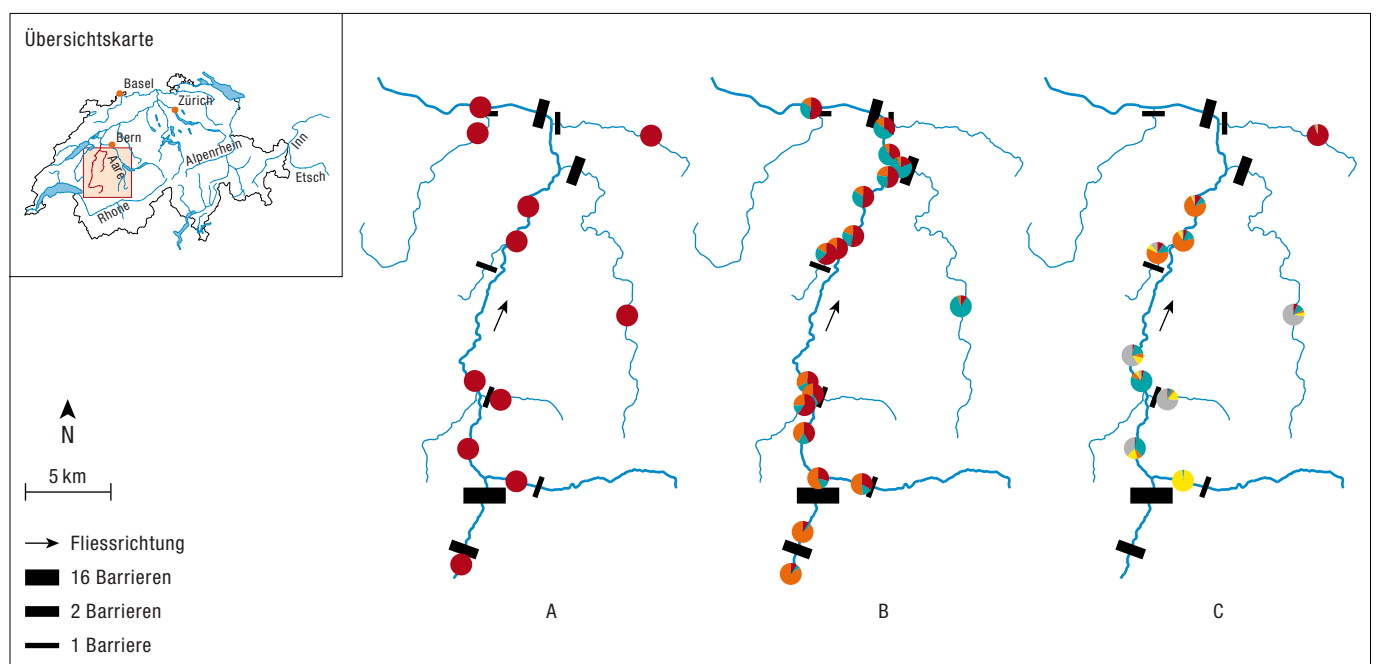


Abb. 4 Populationsstruktur aquatischer Arten der Sense (BE/FR). Die Barrieren sind als schwarze Balken dargestellt. Die farbigen Kreise zeigen die genetische Gruppierung der untersuchten Bestände. A: Eintagsfliege; B: Groppe; C: Bachflohkrebs. Illustration nach Sonia Angelone

durch das Entfernen von Betonstrukturen und Seitenverbauungen. Ausserdem sollten bei Revitalisierungen Kiesbänke und Auenwälder eine Förderung erfahren. Im Uferbereich, der sich ausserhalb des dynamischen Bereichs befindet, ist eine Uferbestockung vorteilhaft. Je nach Standort ist ein Mosaik aus extensiv bewirtschafteten Kulturlächen und bestockten Flächen gut. Dies kann durch die Ausscheidung eines ausreichenden Gewässerraums mit einem nicht oder extensiv genutzten Uferstreifen erreicht werden, was die Vernetzung zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen fördert.

Die vertikale Vernetzung wird durch Massnahmen verbessert, die den Bächen und Flüssen zu einem naturnahen Geschiebehaushalt verhelfen und die einer Kolmation der Gewässersohle durch feinkörnige Sedimentablagerungen entgegenwirken. Ein hoher Anteil an Feinsedimenten führt zu einer verringerten Durchlässigkeit der Gewässersohle und verhindert den Austausch mit dem hyporheischen Interstitial. Bei Fließgewässern, die aufgrund von Wasserkraftwerken im Oberlauf ein verändertes Abflussregime und dadurch einen zu hohen Anteil an Feinsedimenten haben, kann die Durchführung von «künstlichen Hochwassern» in Erwägung gezogen werden. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass es – wie bei natürlichen Fließgewässern – zu einem langsamen An- und Absteigen des Wasserstandes kommt. Fließgewässer mit betonierter Gewässersohle sollten aus ihrem «Korsett» befreit werden, damit sie wieder Geschiebe führen und eine vertikale

Vernetzung mit dem hyporheischen Interstitial ermöglicht wird. Diese Massnahmen können den Wasserhaushalt zwischen Fließgewässern und Umland verbessern und Fischarten wie die Bachforelle fördern, die eine kiesige Gewässersohle zum Laichen brauchen.

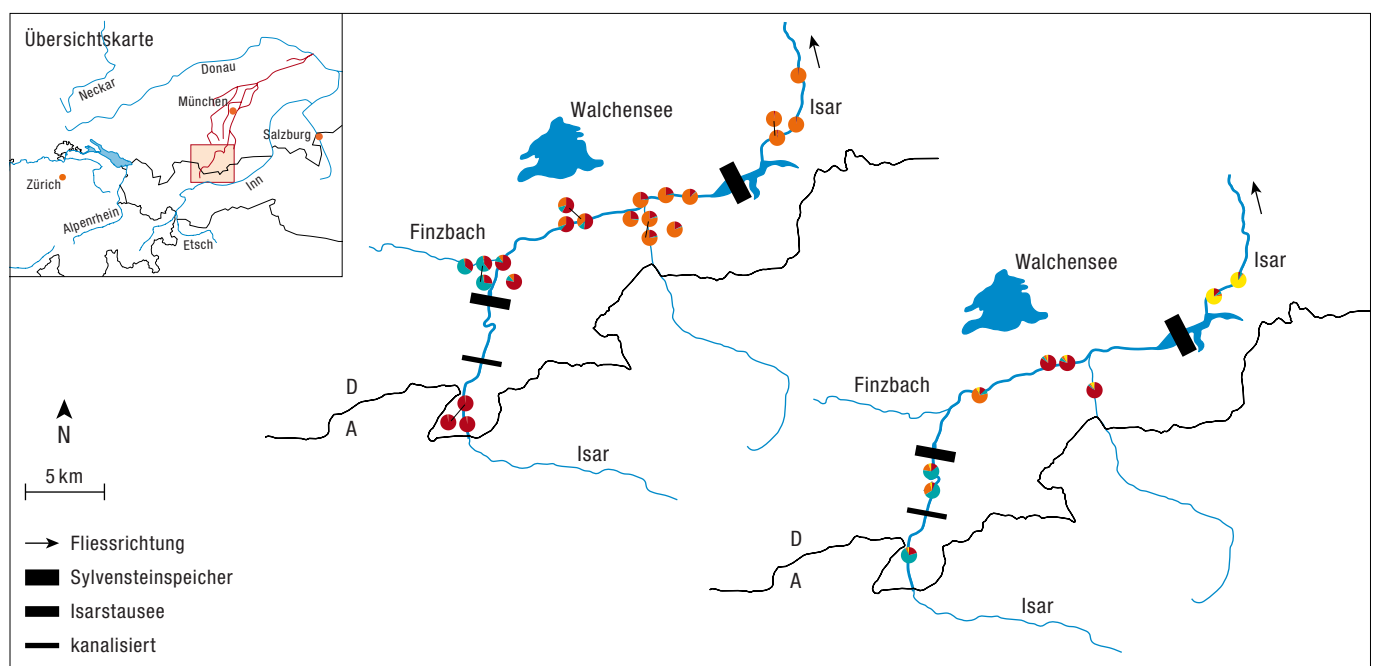


Abb. 5 Populationsstruktur terrestrischer Arten der Isar im Grenzgebiet zwischen Deutschland (D) und Österreich (A). Barrieren sind als schwarze Balken dargestellt. Die farbigen Kreise zeigen die genetische Gruppierung der untersuchten Bestände. Links: Kiesbankgrashüpfer, rechts: Tamariske. Illustration nach Sonia Angelone

Literatur

Benda, L., Poff, LN., Miller, D., Dunne, T., Reeves, G., Pess, G., Pollock, M., 2004: The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. *BioScience* 54(4): 413–427.

Hartl, DL., Clark., AG., 1997: Principles of population genetics. Sinauer Associates, Sunderland.

Malmqvist, B., 2002: Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater Biology* 47: 679–694.

Pollux, BJA., Luteijn, A., Van Groenendael, JM., Ouborg, NJ., 2009: Gene flow and genetic structure of the aquatic macrophyte *Sparganium emersum* in a linear unidirectional river. *Freshwater Biology* 54: 64–76.

Tero, N., Aspi, J., Siikamäki, P., Jakalanämi, A., Tuomi, J., 2003: Genetic structure and gene flow in a metapopulation of an endangered plant species, *Silene tatarica*. *Molecular Ecology* 12: 2073–2085.

Uehlinger, U., 2001: Vom Bachabschnitt zum Einzugsgebiet. Die ökologische Bedeutung räumlicher und zeitlicher Heterogenität. *Eawag News* 51: 16–17, online: www.eawag.ch/publications/eawagnews/www_en51/en51d_pdf/en51d_uehl.pdf

Werth, S., Weibel, D., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Peter, A., Scheidegger, C., 2011: Lebensraumverbund Fließgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung. *Wasser Energie Luft*: 3/2011, 224–234.

Impressum

Konzept

In diesem Projekt arbeiteten Wasserbauerinnen und -bauer, Ökologinnen und Ökologen sowie Vertreterinnen und Vertreter von Behörden von Bund und Kantonen gemeinsam an Lösungen für die Behebung der vorhandenen Defizite in und an Fließgewässern. Im Rahmen des Projekts erforschten sie dynamische, vernetzte Lebensräume und entwickelten innovative Konzepte in der Umsetzung flussbaulicher Massnahmen. Ausführliche Informationen finden sich unter www.rivermanagement.ch

Projekt

Das Projekt wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanziell unterstützt und von vier Projektleitern an folgenden Institutionen durchgeführt:

Armin Peter, Eawag, Fischökologie und Evolution, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, www.eawag.ch

Christoph Scheidegger, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Biodiversität und Naturschutzbiologie, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, www.wsl.ch
Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Lausanne, www.lch.epfl.ch

Roland Fähr, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zürich, www.vaw.ethz.ch

Koordination

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

Fachliche Begleitung

BAFU: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen
Kantone: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)

Projekt: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fähr, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Redaktion

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

Sprachliche Bearbeitung

Jacqueline Dougoud

Zitierung

Werth, S., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Weibel, D., Peter, A., Scheidegger, C., 2012: Vernetzung von Fließgewässern. In: Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. BAFU, Bern. Merkblatt 4.

Gestaltung und Illustrationen

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uw-1211-d

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU