KLEINE BÄCHE – GROSSE BEDEUTUNG

DIE BEDEUTUNG KLEINER FLIESSGEWÄSSER FÜR UNSERE FISCHE

Kleine Fliessgewässer sind schweizweit in Bedrängnis. Für das gesamte Ökosystem des Flussnetzwerkes spielen sie eine bedeutende Rolle und sind die Grundlage für die Gesundheit der grossen Gewässer. Sie bieten spezielle Habitate für Flora und Fauna und tragen wesentlich zur Biodiversität bei. Für Fische sind sie bedeutende Reproduktionsgebiete, Aufwuchs- und Refugialhabitate. In der Schweiz sind die kleinen Gewässer stark gefährdet, da sie oft eingedolt und begradigt wurden.

Armin Peter, Peter FishConsulting*
Nils Schölzel, Peter FishConsulting

RÉSUMÉ

PETITS RUISSEAUX – IMPORTANCE CAPITALE
L'IMPORTANCE DES PETITS COURS D'EAU POUR NOS POISSONS

Les petits cours d'eau sont constamment menacés par l'agriculture intensive et dans les agglomérations. Ils ont souvent été enterrés ou déviés, alors qu'ils jouent un rôle essentiel dans l'écosystème global du réseau de cours d'eau: les fines ramifications des petits cours d'eau sont indispensables à la santé des plus grandes étendues d'eau. Les zones de leurs rives retiennent en effet les sédiments fins et les substances nocives. Sans oublier qu'ils offrent des habitats particuliers à la flore et la faune qui ne vivent pas dans le reste du système aquatique. Ils contribuent donc fortement à la biodiversité. Pour les poissons, les petits ruisseaux sont des zones de reproduction importantes, des habitats pour croître et s'abriter, et les colonies de poissons résidents sont parfois très denses. Les petits cours d'eau sont donc déterminants pour le bien-être des populations de poissons des cours d'eau plus importants.

EINLEITUNG

Jeder Bach spiegelt die geologischen und klimatischen Gegebenheiten seines Einzugsgebiets wider. Er wird durch das Abflussregime, sein Gefälle und die angrenzende Vegetation geprägt. Eine grosse Rolle spielen auch menschliche Eingriffe in der Umgebung oder am Gewässer selber. Daher gleicht selten ein Bach dem andern. Kleine Fliessgewässer entstehen bei Quellen und Grundwasseraustritten und vergrössern sich im Fliessverlauf durch den Zusammenfluss mit anderen Gewässern. So nehmen sie rasch an Breite, Tiefe und Wassermenge zu. Neben Bächen mit permanenter Wasserführung gibt es auch solche, die regelmässig austrocknen. Dies kann bedeuten, dass ein Bach stellenweise oder sogar ganz austrocknet und vielleicht nur an wenigen Tagen im Jahr überhaupt Wasser führt.

Eine verbindliche Definition für kleine Fliessgewässer existiert nicht, ein bewährter klassischer Ansatz ist jedoch der von *Strahler* [1]. Damit lassen sich Fliessgewässer anhand eines Baum-Schemas in Ordnungen einteilen *(Fig. 1)*. Ein Bach ohne Zufluss wird dabei als Gewässer 1. Ordnung definiert. Wenn zwei Gewässer gleicher Ordnungszahl ineinander münden, entsteht ein Gewässer der nächsthöheren Ordnung. Durch den Zusammenfluss zweier Gewässer 1. Ordnung entsteht somit ein Gewässer

** Kontakt: apeter@fishconsulting.ch*

der 2. Ordnung usw. *Gunkel* [2] bezeichnet Fliessgewässer mit einer Ordnungszahl von 1 bis 3 als Bäche und solche mit höherer Ordnungszahl als Flüsse. Kleine Bäche weisen daher in der Regel eine Ordnungszahl von 1 bis 2 auf, im englischen Sprachgebrauch werden sie auch *Headwaters* (dt.: Oberlauf; Quellgebiet) genannt. Spätere Bachtypologien orientieren sich dagegen vorrangig an der Gewässermorphologie und unterscheiden drei morphologische Grundtypen: Gebirgs-, Berg- und Flachlandbäche [3]. Diese grobe Einteilung wurde danach in weitere Klassen verfeinert. In den USA wurden hierarchische Klassifizierungen der Gewässersysteme vom Mikrohabitat bis zum Flusseinzugsgebiet angewendet [4], die eine unterschiedliche räumliche Auflösung haben (0,1 m bis 1 km Fliessstrecke). *Boschi et al.* [5] verwenden den Begriff kleine Fliessgewässer für Bäche mit einer durchschnittlichen Breite bis 2 m (erhoben an der Mittelwasserlinie). *Tripp et al.* [6] definieren kleine Bäche als Gerinne mit einer Breite von höchstens 3 m. 85% aller Gewässer in British Columbia (Kanada), welche der 1. Ordnung angehörten, und 75% aller Gewässer der 2. Ordnung waren nach Aussagen dieser Autoren weniger als 3 m breit. Somit werden kleine Bäche meist über ihre Ordnungszahl oder über ihre Breite definiert. Seltener wird die Abflussmenge herangezogen, wie zum Beispiel in der Fliessgewässertypisierung des Bundesamtes für Umwelt [7].

HOHER ANTEIL AM FLUSSNETZWERK

Kleine Gewässer der 1. und 2. Ordnung machen weltweit zirka 70–80% der gesamten Fliessstrecke der Flussnetzwerke aus [9]. Nicht nur der Streckenanteil der kleinen Bäche ist beträchtlich, sondern auch deren Oberfläche. Insgesamt liegt der Flächenanteil bei bis zu 70–80% des gesamten Flussnetzwerkes [10]. So wie die Gesundheit eines Organismus von einem funktionierenden Kapillarsystem abhängt, bilden die fein verästelten kleinen Gewässer die Grundlage für die Gesundheit der grossen Gewässer und damit des gesamten Flussnetzwerkes. Auch das gesamte Fliessgewässernetz der Schweiz besteht zu rund 48,4% aus Bächen 1. Ordnung und zu 23,5% aus Bächen 2. Ordnung [11]. Somit bilden die kleinsten Bäche 71,9% des gesamten Gewässernetzes der Schweiz. Grössere Fliessgewässer (> 2. Ordnung) tragen längenmässig lediglich 28,1% zum nationalen Gewässernetz bei.

BEDEUTUNG DER UFERZONEN

Kleine Gewässer können einzigartige Habitate im Gewässer und der Uferzone bereitstellen, die sonst im gesamten Flusssystem nicht vorkommen [9]. Diese werden von sesshaften Individuen besiedelt oder von migrierenden Tieren zeitweise aufgesucht. Letztere wandern bei ungünstigen Bedingungen aus grösseren Fliessgewässern ab, um Schutz und Zuflucht in den kleinen Bächen zu suchen. Kleine Gewässer sind eng verknüpft mit den angrenzenden Uferzonen und dem Umland. Daher sind sie ein wichtiges Bindeglied zwischen dem terrestrischen und dem aquatischen Lebensraum. Die Uferzonen selber weisen eine hohe Biodiversität auf und bieten z. B. vielen Insekten einen Lebensraum. Besonders im Sommer, wenn die Fische einen hohen Anteil Anflugnahrung aufnehmen, sind terrestrische Insekten eine wichtige Nahrungsquelle. Zusätzlich sind die Pflanzengürtel entlang der Gewässer (Uferstreifen) wichtige Wanderkorridore für terrestrische Tiere.

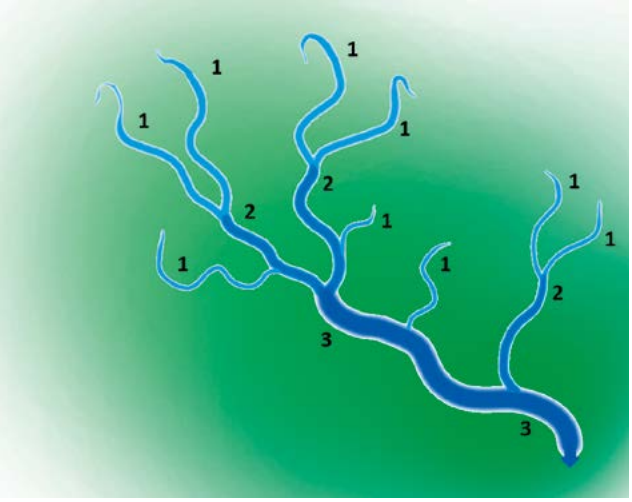

Fig. 1 Das Einzugsgebiet eines Gewässers besteht aus einem fein verästelten Netzwerk von Fliessgewässern, welches grösstenteils von kleinen Bächen gebildet wird. Klassifikationssystem der Fliessgewässer mit Ordnungszahlen nach Strahler (1957) [1]. (Quelle: [8] modifiziert)

Le bassin versant d'un cours d'eau se compose d'un réseau de fines ramifications de cours d'eau, formé en majeure partie de petits ruisseaux. Système de classification des cours d'eau en fonction du nombre de Strahler (1957) [1].

Fig. 2 Bach ohne Ufergehölz und Bach mit Ufergehölz

Ruisseau sans berges boisées et ruisseau avec berges boisées

UFERGEHÖLZE SORGEN FÜR HABITATE

Kleine Fliessgewässer weisen oft sehr hohe Fischdichten und Fischbiomassen auf. Dies beruht vor allem auf dem hohen Anteil der Uferzonen an der Gewässerfläche. In einem 1 m breiten Bach sind praktisch alle Fischhabitate durch diese Uferzonen geprägt *(Fig. 2)*. Hier finden Fische Strukturen, die ihnen Schutz und Ruheareale bieten. So wurzeln standorttypische Gehölze zum Beispiel bis ins Gewässerbett, wodurch wichtige Unterstände für Fische entstehen *(Fig. 3)*. Eine hohe Strukturierung der Habitate ist eine wesentliche Voraussetzung für das Überleben der Fische und für hohe Individuendichten. Der Eintrag von toten Ufergehölzen ist für die kleinen Fliessgewässer von grosser Bedeutung. Totholz strukturiert die Gewässer und stellt wichtige Habitate zur Verfügung, die neben Fischen auch vielen Insekten Unterschlupf und Nahrung bieten. Während kleine Totholzstücke wie Äste und Zweige den Lebensraum strukturieren, vermögen grössere Stücke wie zum Beispiel ganze Bäume sogar die Gewässertiefen wesentlich zu beeinflussen. So entstehen auch in kleinen Gewässern mit nur geringem Abfluss tiefe bis sehr tiefe natürliche Kolke und Staubereiche. Diese stellen für grosse Fische ausgezeichnete Refugien und Überwinterungshabitate dar. Mehrere Arbeiten zeigen eine positive Korrelation zwischen Totholzvorkommen und Forellendichte, wie zum Beispiel die Untersuchung in 4382 schwedischen Gewässern von *Degerman et al.* [12] *(Fig. 4)*.

Fig. 3 Fischunterstände am Ufer (Wurzeln und unterspültes Ufer)
Abris de poissons dans les berges (racines et berges creusées)

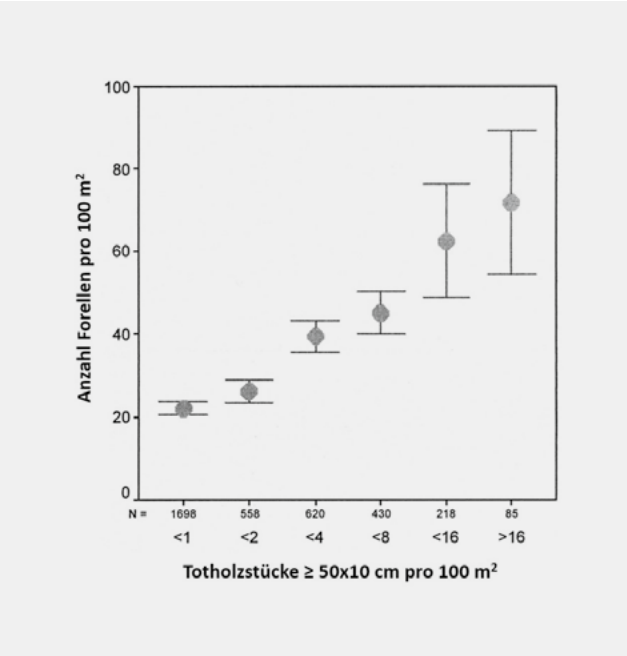

Fig. 4 Forellendichte als Funktion des Totholzes pro Fläche. Das hier dargestellte Totholz besteht aus Baumstämmen und grossen Ästen. (Modifiziert nach Degerman et al. (2004) [12])
Densité de truites, fonction du bois mort par surface. Le bois mort représenté ici se compose de troncs d'arbre et de grosses branches.

Eine weitere wichtige Funktion der Ufergehölze ist die Beschattung des Bachbettes, sie verhindert im Sommer eine übermässige Erwärmung des Gewässers. Die dadurch entstehenden Thermalrefugien, mit kühleren Wassertemperaturen, werden in Zeiten des Klimawechsels immer wichtiger. Sie sind besonders für kaltstenotherme Fischarten wie Bachforelle oder Äsche von Bedeutung, wenn die Hauptgewässer im Sommer zu warm werden. Eine gute Beschattung dämmt daher über niedrigere Wassertemperaturen auch indirekt die Verbreitung der PKD *(Proliferative Kidney Disease)* bei Forellen ein.

RETENTIONSPOTENZIAL FÜR SEDIMENTE

Mit dem fliessenden Wasser werden Sedimente in die kleinen Gewässer und damit ins Flussnetzwerk eingetragen. Die Landnutzung spielt für den Eintrag von Feinsedimenten eine wichtige Rolle. Versiegelte Flächen halten Feinsediment kaum zurück und auch aus Ackerland können bei Regenereignissen grosse Mengen von Feinsedimenten ausgespült und in die Bäche eingetragen werden. An einer intakten Uferzone eines Baches werden Sedimente jedoch weitgehend zurückgehalten. Ein vegetationsreicher Uferstreifen übt hiermit eine wichtige Pufferfunktion aus, denn ein erhöhter Anteil an Feinsedimenten im Gewässersystem führt zu ökologischen Problemen, wie zum Beispiel der Kolmation der Gewässersohle. Diese stellt nicht nur ein Problem für die Laichareale von Fischen dar, sondern für das gesamte Substratlückensystem des Bachbettes (Interstitialraum). Das Substratlückensystem ist ein wichtiger Lebensraum für aquatische Invertebraten und somit für das gesamte Nahrungsnetz der Gewässer von hoher Bedeutung. Des Weiteren wird die Trübung des Wassers durch den Rückhalt von Feinsedimenten ebenfalls deutlich reduziert. Viele Fischarten sind zum Beispiel zur Nahrungsaufnahme und bei der Reproduktion auf visuelle Stimuli angewiesen. Fehlen die Uferzonen, so können in einem Bach während eines Jahres fünfmal mehr Sedimente eingetragen werden als bei einer intakten Uferzone [13].

HOHE GEWÄSSERQUALITÄT

Neben Sedimenten werden auch Nährstoffe, synthetische Dünger und Pestizide zurückgehalten. Der Rückhalt von Feinsedimenten stellt eine wichtige Ökosystemleistung (Nutzen des Ökosystems für den Menschen) dar – zum Beispiel bei der Trinkwassergewinnung. Intakte Uferzonen tragen daher erheblich dazu bei, eine hohe Wasserqualität des Gewässersystems aufrechtzuerhalten, von der Mensch und Natur profitieren. Kleine Gewässer im Oberlauf versorgen die flachen Unterläufe aber auch mit Geschiebe und tragen somit zur Dynamik des Gewässers bei.

NAHRUNGSQUELLE UND LEBENSRAUM

HOHER BEITRAG ZUM NAHRUNGSNETZ DER STROMABWÄRTS GELEGENEN FLUSSABSCHNITTE

Kleine Gewässer sind Quellen für Wasser, gelöste Substanzen, Geschiebe und partikuläre organische Substanzen. Es werden grosse Mengen von organischem Material (Pflanzenteile, Blätter, Äste und Baumstämme) aus dem Umland eingetragen und abgebaut. Die Abfallprodukte *(Detritus)* von Pflanzen und Tieren bringen organischen Kohlenstoff in den Bach und werden in der Nahrungskette deutlich effizienter umgewandelt als in grösseren Fliessgewässern. Deshalb sind kleine Bäche besonders reich an organischem Kohlenstoff. Die beteiligten Mikroorganismen sind sehr aktiv und ermöglichen Algen und Pilzen ein starkes Wachstum. Davon profitieren auch die höheren trophischen Ebenen, wie die aquatischen Invertebraten (z. B. Eintags-, Stein- oder Köcherfliegen sowie Bachflohkrebse). Diese sind wiederum die Futterbasis für bestimmte Vögel (z. B. Wasseramsel) und vor allem für Fische. Zudem ist das Abschwemmen der organischen Kohlenstoffe bachabwärts ein entscheidender Faktor, mit dem die kleinen Bäche die Form und die Qualität sowie das Timing der Kohlenstoffverfügbarkeit für grössere angeschlossene Gewässer kontrollieren. Und obwohl in manchen kleinen Bächen gar keine Fische leben, tragen diese Bäche dennoch zum Wohlergehen der Fischpopulationen im Gewässersystem bei. Durch die Drift gelangen aquatische Invertebraten bachabwärts, wo sie für dort lebende Fische eine wichtige Nahrungsquelle darstellen. Eine Studie in Alaska zeigte, dass kleine fischlose Gewässer genug driftende Insekten und andere Invertebraten exportierten, um 50% der Fischproduktion in den stromabwärts liegenden Gewässern zu ermöglichen [13]. Zudem geschehen aus kleinen Bächen auch weitgehend die Wiederbesiedlungen mit Wirbellosen nach Katastrophen im Hauptgewässer.

HABITATVIELFALT UND ERHALT DER BIODIVERSITÄT

Wenn sie sich in einem natürlichen Zustand befinden, weisen kleine Bäche vermutlich die höchste Habitatvariabilität aller Fliessgewässer auf [13]. Durch diese Vielfalt und die Existenz ganz spezifischer Lebensräume entstehen einzigartige Habitatmosaike. Dies ermöglicht die Besiedlung durch viele unterschiedliche Arten und damit eine hohe Biodiversität. So fanden *Allan & Castillo* [14] in einem gerade Mal einen Meter breiten Bach in Deutschland (Breitenbach, 1. Ordnung) 1004 Arten von Invertebraten. Bachmuscheln oder einheimische Flusskrebse können an anderen Orten sogar als Leitarten kleiner Fliessgewässer betrachtet werden und dieselbe Funktion kommt teilweise auch einigen Libellenarten zu [5]. Stellvertretend für andere Arten, kann hier auch der auf der Roten Liste als verletzlich aufgeführte Feuersalamander erwähnt werden, dessen Larven vor allem in kleinen Waldbächen vorkommen [15].

Auch für den Erhalt der Bachforelle spielen die kleinen Bäche eine enorm wichtige Rolle. Sie dienen als Fortpflanzungs- und Aufwuchshabitat, aber bei entsprechender Wasserführung auch als permanente Habitate für residente Fische. Typische Begleitarten in den kleinen Bächen sind häufig Groppe, Elritze, Bachneunage und Schmerle *(Fig. 5–8).* Gerade Bachneunaugen bevorzugen kleine Gewässer wie Gräben und Bäche [16]. Bei den unmittelbar in grössere Fliessgewässer oder Seen mündenden Bächen, können weitere Arten dazukommen (z. B. Alet, Barbe, Gründling und Schneider usw.).

Fig. 5 Groppe / Chabot (©Hartl)

Fig. 6 Schmerle / Loche (©Hartl)

Fig. 7 Bunt gefärbtes Elritzenmännchen während der Laichzeit mit Laichausschlag.
Vairon coloré pendant la période de frai avec tubercules faciaux.
(©Hartl)

Fig. 8 Das Bachneunauge, eine stark gefährdete Rundmaulart.
La Lamproie de Planer, une espèce à bouche à ventouse très menacée.
(©Hartl)

WICHTIGE REPRODUKTIONS- UND RÜCKZUGSGEBIETE FÜR FISCHE

Fische und Neunaugen nutzen kleine Fliessgewässer entweder ganzjährig (z. B. Bachforelle, Elritze, Groppe, Schmerle, Bachneunauge) oder sie besiedeln sie nur zu bestimmten Zeitpunkten während der Reproduktion, zum Aufwachsen oder als Refugialhabitate im Sommer bzw. im Winter, bei ungünstigen Bedingungen im Hauptgewässer (z. B. bei hohen Temperaturen, chemischen Verschmutzungen usw.). In den folgenden drei Punkten wird die Bedeutung der kleinen Bäche vorwiegend für Forellen aufgezeigt, da diese besonders gut dokumentiert ist. Trotzdem reduziert sich diese herausragende Bedeutung der kleinen Bäche keinesfalls nur auf Forellen, sondern ist gleichsam für andere Fischarten und aquatische Invertebraten gegeben.

Laichhabitat (Natürliche Fortpflanzung)

Eine umfassende Studie, von *Baglinière & Maisse* [17] zu den Fortpflanzungshabitaten der Bachforelle in der Bretagne, belegt die Wichtigkeit der kleinen Gewässer. Im Oberlauf der rund 60 km langen Scorff pflanzten sich die Bachforellen sowohl im Hauptgewässer als auch in den kleinen Seitengewässern fort. Im Unterlauf gab es jedoch im Hauptgewässer keine Fortpflanzung mehr. Alle adulten Fische aus diesem Abschnitt wanderten für die Reproduktion entweder in die kleinen Seitengewässer ein oder aber in den Oberlauf. Eine Studie von *Huet & Timmermans* [18] über den Zeitraum von zwanzig Jahren zeigte ebenfalls, dass die adulten Bachforellen in der belgischen Lesse im Herbst zum Laichen in den kleinen, lediglich 1,4 m breiten Ry de Chicheron einstiegen. Nach dem Ablaichen kehrten die meisten Tiere innerhalb kurzer Zeit wieder ins Hauptgewässer zurück. Die Jungfische wanderten frühestens im April und Mai ins Hauptgewässer ab. 25% der Jungfische verblieben nur wenige Monate im Seitengewässer, 55% wanderten erst nach einem Jahr und 20% nach zwei Jahren ab. Aus dem lediglich 1,2 km langen Ry de Chicheron stiegen jedes Frühjahr durchschnittlich 470 juvenile Bachforellen ab. Der Maximalwert betrug über 1000 Jungfische. Schnell wachsende Jungfische verlassen die kleinen Bäche früher als langsam wachsende Individuen. Dies zeigten *Holmes et al.* [19] in einem Gewässeroberlauf in Neuseeland. 60% der als Jungfische markierten Bachforellen wanderten in grössere Gewässer ab. 29% starben im Oberlauf und für lediglich 11% der überlebenden Fische konnte keine Abwanderung nachgewiesen werden. Diese Zahlen belegen, dass sich die grösseren und die kleineren Fliessgewässer eines Gewässernetzes gegenseitig ergänzen und jedes Gewässer seine eigene Funktion hat. Die kleinen Gewässer haben dabei eine enorm hohe Bedeutung für die natürliche Reproduktion der Bachforellen. Aus diesem Grunde sollten kleine und gut vernetzte Bäche nicht als Aufzuchtgewässer für Forellen verwendet werden, da sonst wichtige natürliche Reproduktionsareale verloren gehen. Zudem wandern die kleinen Forellen von ganz alleine und individuell zum richtigen Zeitpunkt in die grösseren Gewässer ab und benötigen daher keine Translokation durch den Menschen.

Auch Seeforellen suchen für die Reproduktion neben den grösseren Seezuflüssen kleinere Fliessgewässer auf. *Bammatter* [20] wies für mehrere kleine Zuflüsse des Zürichsees nach, dass diese für die natürliche Reproduktion eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen. Ähnliche Beobachtungen liegen aus dem Einzugsgebiet des Bodensees vor. Auch hier dienen viele kleine Fliessgewässer der natürlichen Fortpflanzung der Bodensee-Seeforelle [21].

Aufwuchshabitat

Louison & Stelzer [22] studierten das Vorkommen von juvenilen Bachforellen in sehr kleinen Fliessgewässern in Wisconsin (USA) (1. Ordnung, Breite 0,8–2,3 m, Abfluss 0,1–3,4 l/s). Da es in diesen kleinen Seitengewässern keine natürliche Reproduktion gab, musste es sich bei den vorgefundenen juvenilen Fischen um eingewanderte Bachforellen aus dem Hauptgewässer handeln. Die beobachteten kleinen Bäche wiesen teilweise hohe Dichten mit bis zu einem Fisch pro Quadratmeter auf. Die Jungfische benutzten vor allem Areale mit sehr niedriger Fliessgeschwindigkeit und geringen Tiefen. Diese Tatsache verdeutlicht die Wichtigkeit der Juvenilhabitate in kleinen Fliessgewässern und dass diese auch aktiv durch Juvenile aufgesucht werden können, wenn entsprechende Habitate im Hauptgewässer selten sind. Im kleinen Bach Ry de Chicheron in Belgien wurden die vorhandenen Habitate sogar bis zum dritten Lebensjahr ausgenutzt.

Refugialhabitat

In Zeiten ungünstiger Bedingungen verlassen Fische grössere Fliessgewässer und suchen Refugialräume in kleineren Gewässern auf. An extrem warmen Sommertagen suchen Forellen oft Schutz in kleinen Gewässern, welche in der Regel deutlich kühleres Wasser führen. Auch im Winter suchen Forellen kleine

Fig. 9 Überhängendes Gras, welches von juvenilen Forellen gerne als Versteck benutzt wird. Oben: Ansicht eines Uferbereichs. Unten: Unterwasseraufnahme, die den Unterstand im Detail zeigt.

Herbe en surplomb que les jeunes truites aiment utiliser comme cachette. En haut: vue d'une zone des rives. En bas: image sous-marine qui montre l'abri en détail.

Bäche als Refugialräume auf. So stellten *Clapp et al.* [23] bei grossen Forellen (> 400 mm) fest, dass diese im Winter 10 km flussaufwärts wanderten und Marginalhabitate im Gewässeroberlauf aufsuchten, um anschliessend den grössten Teil des Winters dort zu verbringen.

AUSBILDUNG EINES WANDERKORRIDORS (LONGITUDINALE VERNETZUNG)

Kleine Fliessgewässer sind wichtige Korridore für die Ausbreitung von Geschiebe, zerkleinertem Material und Nährstoffen, aber auch für die Wanderung von Tieren. Vor allem in ausgeräumten Landschaften sind diese Korridore entscheidend. Ein funktionierender Wanderkorridor in den kleinen Gewässern ist unverzichtbar für das Überleben von Fischpopulationen, deren Laichgebiete und Juvenilhabitate teilweise oder vollständig in den kleinen Bächen liegen *(Fig. 9)*.

Fischpopulationen können aber auch durch natürliche Barrieren voneinander getrennt sein, wenn diese für Fische unüberwindbar sind. Solche Barrieren können dann wiederum eine wichtige Funktion haben, indem sie den Gewässeroberlauf möglicherweise vor invasiven Fischarten oder der Ausbreitung von Fischkrankheiten aus dem Unterlauf schützen, wie zum Beispiel im Fall der PKD.

GROSSE FISCHDICHTE IN KLEINEN BÄCHEN

FALLBEISPIELE:

Tannenbach

Der Tannenbach bei Buttisholz LU (550 m ü. M.) wurde von der Eawag, im Rahmen der Sömmerlingsstudie des Projekts *Fischnetz* [24], über mehrere Jahre regelmässig quantitativ befischt *(Fig. 10)*. Der Bach 2. Ordnung weist eine mittlere Breite von 1,9 m auf und gehört zur Forellenregion. Er fliesst in den Rotbach, der ein Seitengewässer der Wigger ist. Sein Strukturierungsgrad wurde als mittel eingestuft, was auch durch die teilweise Begradigung bedingt ist. Eine Kolmatierung der Gewässersohle wurde im untersuchten Abschnitt nicht festgestellt. Die Beschattung lag bei 70% der Gesamtfläche. Mit der quantitativen Befischung vom 21.10.2000, bei einem Abfluss von 37 l/s (mittlere Niederwasserführung), konnten Bachneunaugen und Bachforellen nachgewiesen werden. In anderen Abschnitten des Gewässers kommen zudem Groppen vor. Die Bachforellendichte lag bei 16 762 Individuen pro Hektar, die Biomasse betrug 346 kg/ha. Diese Dichte und Biomasse sind als äusserst hoch einzustufen. Hervorzuheben ist, dass die Dichte der 0+ Bachforellen 12 546 Individuen pro Hektar betrug. Damit wird die hohe Bedeutung dieses kleinen Baches als Lebensraum der juvenilen Bachforellen deutlich. Aber auch adulte Bachforellen finden genügend Habitate. Der Bach dürfte mit seiner hohen Fischdichte wesentlich dazu beitragen, die Fischpopulation der flussabwärts gelegenen Gewässerabschnitte zu erhalten. Alle gefangenen Forellen stammten mit Sicherheit aus natürlicher Reproduktion, weil im Gewässer bereits seit Jahren kein Fischbesatz mehr stattfand. Zwecks Erhaltung gefährdeter Arten und aus Sicht des Artenschutzes kommt dem Bach ebenfalls eine grosse Bedeutung zu, da das stark gefährdete Bachneunauge *(Lampetra planeri)* in diesem Bach noch vorkommt *(Fig. 8)*. Auch die Groppe *(Cottus gobio)* ist in den meisten Abschnitten in mittleren Dichten vorhanden.

Le Merdasson

Bei der Sömmerlingsstudie des Projekts *Fischnetz* [24] fiel ein weiteres kleines Gewässer auf: der 3,2 km lange Bach Le Merdasson (470 m ü. M.). Das Gewässer 1. Ordnung ist ein Zufluss der Areuse und liegt in der Gemeinde Boudry (NE). Die Bachbreite beträgt nur 1,5 m und das Gefälle 4%. Am 28.8.2000 konnte bei der quantitativen Abfischung in diesem Bach eine Individuendichte von 23 200 Bachforellen pro Hektar nachgewiesen werden. Die Biomasse betrug dabei 244 kg/ha. In der Regel sind Biomassen über 100 kg/ha und Dichten von mehr als 5000 Individuen/ha als hoch einzustufen. Der Anteil der jungen Bachforellen *(Fig. 11)* war mit 22 500 Individuen extrem hoch. Auch diese Forellen stammten alle aus der natürlichen Reproduktion, da bereits seit Jahren kein Fischbesatz mehr durchgeführt wurde. Der Bach ist durch eine Fischtreppe mit

Fig. 10 Tannenbach bei/à Buttisholz LU

Fig. 11 Juvenile Bachforelle im August (Sömmerling), zirka 80 mm gross.
Jeune truite de rivière en août (estival), d'environ 80 mm.
(©D. Flügel)

der Areuse vernetzt und dürfte von den dort lebenden Forellen als Reproduktionsgewässer benutzt werden. Grössere Forellen waren im Le Merdasson nur in sehr geringer Anzahl vorhanden.

GEFÄHRDUNG KLEINER GEWÄSSER

Die Gefährdung der kleinen Gewässer geht eng mit dem Ausmass der menschlichen Aktivtäten einher. Die wichtigsten Gefährdungsursachen sind nachfolgend mit Vorschlägen für Massnahmen zur Verbesserung aufgelistet.

DEGRADIERUNG DURCH EINDOLUNG UND BEGRADIGUNG

Zwischen 1971 und 1982 wurden in der Schweiz netto jährlich zirka 75 km der Bäche in Rohre verlegt [25]. In der ganzen Schweiz sind rund 4300 km Fliessgewässer eingedolt. Diese liegen vor allem in den Siedlungsgebieten und in der Landwirtschaftszone. Stark betroffen davon sind kleine Bäche mit einer Breite von weniger als 2 m. Von diesen sind 11% eingedolt [26]. Wie gross der ökologische Schaden bei einer Eindolung von Gewässern ist, wurde längst erkannt und zwischen 1984 und 1995 wurden mehr Gewässer ausgedolt als eingedolt [25]. Viele kleine Gewässer im Mittelland und Jura sind begradigt. Ein grosses Problem sind dort die oftmals fehlenden Uferstreifen. In stark ausgeräumten Landschaften fehlt somit die Pufferfunktion der Uferzonen.
Ausdolungen und Revitalisierungen sind adäquate Lösungen für die morphologischen Probleme der Gewässer *(Fig. 12).* Revitalisierungen sollen jedoch nach prioritären Kriterien durchgeführt werden [27].

Fig. 12 Der revitalisierte, jetzt wieder mäandrierende Hürnbach bei Buchs (Dagmersellen LU). Das Foto entstand zwei Jahre nach der Revitalisierung. Aktuell – acht Jahre nach der Revitalisierung – ist der Bach wieder stark mit Ufervegetation eingewachsen.
Le Hürnbach revitalisé et qui a retrouvé ses méandres à Buchs (Dagmersellen, LU). La photo a été prise 2 ans après la revitalisation. Actuellement – 8 ans après la revitalisation – le ruisseau est à nouveau entouré d'une végétation de rive importante.

Fig. 13 Die Mündung eines abgekoppelten Seitengewässers in die Thur. L'embouchure d'un affluent séparé de la Thur.

FRAGMENTIERUNG DURCH KÜNSTLICHE BARRIEREN UND BAUWERKE

Kleine Bäche sind von Fragmentierungen stark betroffen. Oft wurden in begradigten Gewässern Sohlensicherungen eingebaut, die vielerorts ein treppenförmiges Längsprofil ergaben. Künstliche Abstürze dürfen hier je nach vorhandener Fischfauna maximal 10–30 cm hoch sein. In einem ausschliesslich von Bachforellen besiedelten Gewässer vermögen adulte Fische zwar bei geeigneten Bedingungen höher als 50 cm zu springen, die juvenilen Bachforellen überwinden in der Regel jedoch keine deutlich höheren Abstürze als 30 cm. Für Groppen sind bereits Abstürze von 15 cm ein potenzielles Hindernis. Ein besonderes Problem sind Hindernisse direkt an der Einmündung kleiner Bäche ins Hauptgewässer. Oftmals sind kleine Bäche durch künstliche Abstürze vom Hauptgewässer abgekoppelt *(Fig. 13).* Die Wiederherstellung ihrer Durchgängigkeit ist prioritär. Dazu können Abstürze zum Beispiel durch Blockrampen ersetzt werden *(Fig. 14).* Abhängig von den vorhandenen Fischarten können Blockrampen mehr oder weniger steil gebaut werden. Wird ein Gewässer nur durch Bachforellen besiedelt, sind höhere Gefälle von bis zu 6–10% möglich. Allerdings können dadurch juvenile Individuen benachteiligt werden. Bei gemischten Fischbeständen sollte die Neigung der Rampe 3% nicht übersteigen.

EINTRAG VON FEINSEDIMENTEN

Der Eintrag von Schwebstoffen ist vor allem in urbanen (Versiegelung der Böden) und landwirtschaftlich intensiv genutzten Arealen problematisch. Ackerkulturen weisen dabei die höchsten Einträge auf [25]. Schliesslich führen hohe Einträge von Feinsedimenten zu einer Kolmatierung der Bachsohle, was für aquatische Invertebraten und Fische problematisch ist. Starke Einschränkung des Lebensraumes und fehlende Naturverlaichung bei Fischen sind die Folgen.
Für die Reduktion von Feinsedimenteinträgen ist eine Wiederherstellung oder Vergrösserung des Pufferstreifens entlang der Gewässer unumgänglich.

BELASTUNG DER GEWÄSSER DURCH CHEMIKALIEN

Aufgrund des geringen Wasservolumens werden stoffliche Einträge in kleinen Gewässern oft schlecht verdünnt, weshalb

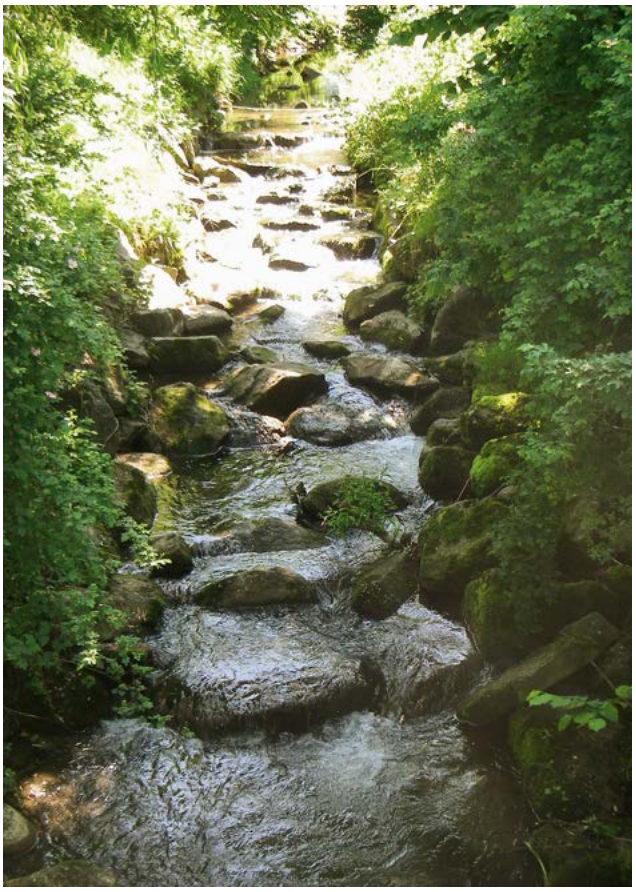

Fig. 14 Blockrampe (aufgelöst, unstrukturiert, Gefälle 6%) im Dorfbach Oftringen AG. Dank dieser Rampe ist es den Bachforellen wieder möglich, bachaufwärts zu wandern.
Rampe en enrochement (disloquée, non structurée, pente 6%) dans le ruisseau du village d'Oftringen (AG). Grâce à cette rampe, les truites de rivière peuvent à nouveau remonter le ruisseau.

sie besonders sensibel reagieren. Abwasserreinigungsanlagen sind dabei Punktquellen, besonders für Nitrit, Ammonium und organische Stoffe. Auch verschiedene Mikroverunreinigungen gelangen via ARA in die Gewässer und können schädliche Auswirkungen auf Fische haben. Bachforellen unterhalb von ARA haben beispielsweise eine erhöhte Aktivität von Genen, die für Entgiftungsprozesse benötigt werden [28]. Dies zeigt, dass Mikroverunreinigungen, die durch ARA in die Gewässer gelangen, bei Fischen Stress verursachen. Allerdings leiten in der Schweiz nur sehr wenige ARA in kleine Gewässer ein, die Belastung durch sogenannte diffuse Einträge aus der Landwirtschaft dürfte für die Fische in kleinen Fliessgewässern also schwerwiegender sein. An vielen kleinen Fliessgewässern mit stark landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet ist die Nährstoffbelastung immer noch substanziell. Zudem werden in der intensiven Landwirtschaft giftige Stoffe wie Pflanzenschutzmittel (PSM) grossflächig angewendet. Die PSM-Belastung ist gerade in den kleinen Fliessgewässern besonders gross. 2015 untersuchte die Eawag in Zusammenarbeit mit dem BAFU und Kantonen in fünf kleinen Gewässern mit landwirtschaftlicher Nutzung im Einzugsgebiet die Belastung durch Pflanzenschutzmittel [29]. Insgesamt wurden über 200 PSM-Wirkstoffe untersucht, davon wurden 128 nachgewiesen. Die Einzelstoff-Konzentrationen waren mit teilweise bis zu 40 000 ng/l hoch, 32 Stoffe überschritten akute oder chronische ökotoxikologische Qualitätskriterien teilweise während langer Zeitperioden. Damit ist davon auszugehen, dass in solchen Gewässern PSM die Fortpflanzung, Entwicklung und Gesundheit empfindlicher Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen während eines langen Zeitraums beeinträchtigen. Biologische Untersuchungen unterstützen diese Risikoeinschätzung: Im Rahmen eines Expositionsexperiments ausgesetzte Bachflohkrebse wiesen während Belastungsspitzen mit PSM deutlich erhöhte Mortalitätsraten auf [30]. Damit wird unmittelbar die Nahrungsgrundlage der Fische beeinträchtigt. Aber auch direkte Effekte auf die Fische selbst können nicht ausgeschlossen werden [30]. Mit dem vom Bundesrat 2017 verabschiedeten Aktionsplan Pflanzenschutzmittel soll das Risiko von PSM halbiert und die ober- und unterirdischen Gewässer vor negativen Einwirkungen geschützt werden. Die Massnahmen sind breit gefächert und reichen von einer Reduktion der Anwendung und der Emission, über die Förderung von Forschung und Bildung zu spezifischen Massnahmen zum Schutze der Gewässer. Es bleibt zu hoffen, dass diese Massnahmen konsequent umgesetzt werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Kleine Fliessgewässer sind hoch vernetzte Ökosysteme und ein wichtiges Bindeglied zwischen Wasser und Land, als Lebensräume sind sie stark bedroht. Die kleinsten Bäche sind auf den Landeskarten oft nicht zu finden und daher wenig bekannt. Ihnen kommt nicht in jedem Fall der benötigte Schutz zu. Neben Flussdeltas sind sie die am meisten gefährdeten Flussökosysteme. Zu den Gefahren zählen die sich kumulierenden Veränderungen durch flussbauliche Massnahmen oder intensive Landnutzung, bis hin zum totalen Verlust der kleinsten Bäche [9]. Wichtige Ökosystemleistungen der Kleingewässer sind die hohe Selbstreinigungskapazität und ihre Pufferfunktion durch die Retention von Feinsedimenten und Schadstoffen. Ihr Beitrag zur Biodiversität der Gewässernetze ist ausserordentlich und meist beherbergen sie eine einmalige und vielfältige Flora und Fauna, die in grösseren Gewässern so nicht vorkommt. Für Fische sind die kleinen Fliessgewässer permanente oder temporäre Lebensräume und auch Reproduktions- und Aufwuchshabitate. Bei ungünstigen Bedingungen im Hauptgewässer (z. B. Hochwasser, Hitzeperioden, extreme Winterbedingungen usw.) dienen sie auch als Refugialräume. Das Wissen über die kleinen Bäche ist jedoch längst nicht adäquat ihrer Bedeutung. Die Hydrologie, der Geschiebetransport, die Morphologie und die Gewässerchemie sind nur ungenügend erforscht. Die hohe Artenvielfalt der kleinen Bäche benötigt Schutz und nachhaltigen Umgang. Noch ist die Bedeutung der kleinen Gewässer für die Fischpopulationen in den grösseren Gewässern weitgehend unterschätzt, da die Wanderungen innerhalb des Flussnetzwerkes zu wenig gut dokumentiert sind. Auch kleine temporär wasserführende Gewässer sind dabei bedeutungsvoll. Der positive Effekt der Gewässervernetzung für Fische kann beispielhaft mit der Rolle der kleinen Bäche aufgezeigt werden. Der Erholungswert von intakten kleinen Gewässern für die Bevölkerung ist ebenfalls nicht zu unterschätzen.

Die Sicherung eines biologisch guten Zustandes unserer Gewässer und somit die Erhaltung der Biodiversität hängt zu einem bedeutenden Teil vom Zustand der kleinen Bäche ab und davon, wie die Gesellschaft mit ihnen umgeht. Gesunde Fliessgewässer und gesunde Fischpopulationen sind nur möglich, wenn die kleinen Bäche ihre ausserordentlich wichtige Funktion im

VERDANKUNGEN
Wir bedanken uns beim Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Wasserqualität, für Auskünfte, Ergänzungen und Präzisierungen von Textpassagen. Besonders bei *Christian Leu, Bänz Lundsgaard-Hansen* und *Manuel Kunz.*

Flussökosystem auch zukünftig weiter erfüllen können.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Strahler, A. N. (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. Eos, Transactions American Geophysical Union, 38(6): 913–920*

[2] *Gunkel, G. (1996): Renaturierung kleiner Fliessgewässer. Jena: G. Fischer: 471 S.*

[3] *Otto, A.; Braukmann, U. (1983): Gewässertypologie im ländlichen Raum. Münster-Hiltrup: Landwirtschafts-Verlag: 61 S.*

[4] *Frissell, C. A. et al. (1986): A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context. Environmental Management, 10(2): 199–214*

[5] *Boschi, C.; Bertiller, R.; Coch, T. (2003): Die kleinen Fliessgewässer: Bedeutung, Gefährdung, Aufwertung. Vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH: 119 S.*

[6] *Tripp, D. et al. (2017): The importance of small streams in British Columbia. FREP extension note (38): 5 S.*

[7] *Schaffner, M.; Pfaundler, M.; Göggel, W. (2013): Fliessgewässertypisierung der Schweiz. Eine Grundlage für Gewässerbeurteilung und -entwicklung. Umwelt-Wissen (1329). Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU): 63 S.*

[8] *FISRWG (1998): Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG) (15 Federal agencies of the US gov't): 637 S.*

[9] *Wohl, E. (2017): The significance of small streams. Frontiers of Earth Science, 11(3): 447–456*

[10] *Sidle, R. C. et al. (2000): Stormflow generation in steep forested headwaters: A linked hydrogeomorphic paradigm. Hydrological Processes, 14(3): 369–385*

[11] *BAFU (2015): Ordnung im Schweizer Gewässernetz?! Flussordnungszahlen nach Strahler für das digitale Gewässernetz 1:25 000 der Schweiz: 7 S.*

[12] *Degerman, E. et al. (2004): Large woody debris and brown trout in small forest streams: towards targets for assessment and management of riparian landscapes. Ecological Bulletins, 51: 233–239*

[13] *Meyer, J. L. et al. (2007): Where Rivers Are Born: The Scientific Imperative for Defending Small Streams and Wetlands. American Rivers and Sierra Club: 26 S. www.rivercenter.uga.edu/publications/pdf/scientific_imperative.pdf*

[14] *Allan, J. D.; Castillo, M. M. (2007): Stream Ecology: Structure and function of running waters. Dordrecht: Springer: 444 S.*

[15] *Küry, D. (2003): Der Feuersalamander. Karch (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz): 2 S. www.waldwissen.net/wald/tiere/reptilien_amphibien_fische/wsl_feuersalamander/wsl_feuersalamander_merkblatt.pdf*

[16] *Bohl, E. (1993): Rundmäuler und Fische im Sediment: Ökologische Untersuchungen zur Bestands- und Lebensraumsituation von Bachneunauge (Lampetra planeri), Schlammpeitzger (Misgurnus fossilis), Steinbeisser (Cobitis taenia) in Bayern. Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung: 129 S.*

[17] *Baglinière, J. L.; Maisse, G. (2002): La biologie de la truite commune (Salmo trutta l.) dans la rivière Scorff, Bretagne: Une synthèse des études de 1972 à 1997. Productions Animales, 15(5): 319–331*

[18] *Huet, M.; Timmermans, J. A. (1979): Fonctionnement et rôle d'un ruisseau frayère à truites. Station de Recherches Eaux et Forêts Groenendaal-Hoeilaart, Travaux-série D, 48: 10–21*

[19] *Holmes, R. et al. (2013): Emigration and mortality of juvenile brown trout in a New Zealand headwater tributary. Ecology of Freshwater Fish, 23(4): 631–643*

[20] *Bammatter, L. (2008): Habitatspräferenzen bei der Reproduktion von Seeforellen (Salmo trutta lacustris) in kleinen Fliessgewässern. Universität Zürich: 146 S.*

[21] *Rey, P. (2017): Bewirtschaftungskonzept der IBKF für die Bodensee-Seeforelle. Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF): 22 S.*

[22] *Louison, M. J.; Stelzer, R. S. (2016): Use of first-order tributaries by brown trout (Salmo trutta) as nursery habitat in a cold water stream network. Ecology of Freshwater Fish, 25(1): 133–140*

[23] *Clapp, D. F.; Clark, R. D.; Diana, J. S. (1990): Range, Activity, and Habitat of Large, Free-Ranging Brown Trout in a Michigan Stream. Transactions of the American Fisheries Society, 119(6): 1022–1034*

[24] *Schager, E.; Peter, A. (2001): Bachforellensömmerlinge. Phase I. Projekt Fischnetz, Eawag (00/12): 315 S.*

[25] *Fischnetz (2004): Dem Fischrückgang auf der Spur – Schlussbericht des Projekts Netzwerk Fischrückgang Schweiz – «Fischnetz». Projekt Fischnetz: 178 S.*

[26] *Zeh Weissmann, H.; Könitzer, C.; Bertiller, A. (2009): Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie); Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand: April 2009. Umwelt-Zustand (926). Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU): 100 S.*

[27] *Baumgartner, S. et al. (2013): Priorisierung von Flussrevitalisierungsprojekten – ökologische Aspekte der Priorisierung und Revitalisierungspotenzial. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU): 63 S.*

[28] *Fischer, S. et al. (2017): Wirkungsorientierte Gewässerüberwachung : Biomonitoring mit Forellen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU): 117 S.*

[29] *Doppler, T. et al. (2017): Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen. Aqua & Gas, 4: 46–56*

[30] *Langer, M. et al. (2017): Hohe ökotoxikologische Risiken in Bächen. Aqua & Gas, 4: 58–68*