



DER NATUR ABGESCHAUT: «BEAVER DAM ANALOGS»

INNOVATIVE UND KOSTENGÜNSTIGE REVITALISIERUNGSMETHODE FÜR NATÜRLICHERE FLIESSGEWÄSSER

Bei fast allen mittelländischen Fließgewässern liegt die Sohle unnatürlich weit unter dem umgebenden Terrain. Dieser menschengemachte flächendeckende Zustand unterbindet natürliche Funktionen wie die Entwicklung artenreicher Lebensräume und die Pufferung des Wasserhaushalts, was sich zunehmend kritisch auf Natur und Gesellschaft auswirkt. Mit Initialstrukturen, die natürlichen Biberdämmen ähneln, können diese Funktionen wiederhergestellt werden.

Silvan Minnig*, Genossenschaft Umweltbildner.ch

Niels Werdenberg; Andreas Widmer, Emch+Berger AG Bern

Timon Polli, Polli Natur und Dienste

Nicole Egloff; Pascal Vonlanthen, Aquabios Sàrl

Christof Angst, Biberfachstelle / info fauna

RÉSUMÉ

INSPIRÉ DE LA NATURE: «BEAVER DAM ANALOGS» – MÉTHODE DE REVITALISATION DES COURS D'EAU NATURELS

La grosse différence de niveau entre le lit de nos cours d'eau et le terrain interdisent des interactions importantes entre les cours d'eau et leurs rives – au détriment des espaces de vie qui en sont tributaires (zones alluviales, zones humides, marais, etc.) et d'un régime des eaux naturellement régulé. Les lits creusés étant depuis près de 200 ans la «norme», ce déficit anthropique est rarement reconnu, et peu inversé, même en cas de revitalisations. Face au réchauffement climatique et à la disparition des espèces, cette omission devrait avoir de vastes conséquences. Comme le montre la recherche actuelle, les ruisseaux creusés ayant des aménagements similaires aux barrages de castors peuvent être sauvés de l'immersion. Il est presque possible de restaurer des rives immergées et des espaces de vie typiques des zones alluviales sensibles de notre biodiversité. L'augmentation de la rétention d'eau amortit en outre le microclimat, la quantité d'eau et sa température. Les structures initiales, économiques, ont le même effet que leur modèle naturel, mais peuvent être planifiées et sont indépendantes de la présence du castor. Cela permet de revaloriser les cours d'eau rapidement et de manière ciblée.

EINLEITUNG

Eingetiepte Gewässer treten nur bei seltenen Ereignissen über die Ufer. Dadurch können sie ihre natürlichen ökologischen und hydrologischen Funktionen aber nur sehr eingeschränkt wahrnehmen. Es fehlen überstaute Uferbereiche, wechselfeuchte Übergangszonen und ein flurnaher Grundwasserstand – wichtige Voraussetzungen funktionaler Gewässerlebensräume mit ihrem Artenreichtum (Fig. 1). Zudem senken eingetiepte Gewässer den Grundwasserspiegel, verringern die Grundwasserneubildung und können dadurch Grundwasserreserven gefährden.

Da es auf den ersten Blick vorteilhaft erscheint, dass eingetiepte Gerinne selten über die Ufer treten, wurden bisher kaum Massnahmen zur Wiederherstellung naturnaher Sohlenlagen umgesetzt. Demgegenüber stellt das Gewässerschutzgesetz, GschG, jedoch klar, dass der gesamte Gewässerraum – nicht nur das Gerinne – dem Schutz vor Hochwasser und der Gewährleistung der ökologischen Funktionen dient. Diese Dienste können eingetiepte Gewässer aber kaum erfüllen, eben weil sie nur selten über die Ufer treten.

* Kontakt: silvan.minnig@umweltbildner.ch



Fig. 1 Beispiel eines eingetieften Gewässers. Mit BDA könnten eigendynamische Prozesse initiiert werden (vgl. Stadium A in Fig. 2). Dadurch könnte der Bach kostengünstig revitalisiert werden. (©S. Minnig)

Biberdämme würden natürliche Abhilfe schaffen (Fig. 2): Die Dammreviere heben die Gewässersohlen an, wirken sich positiv auf Hydrologie und Temperaturregime aus und bieten äusserst wertvolle dynamische Lebensräume für eine Vielfalt an Pflanzen, Insekten, Amphibien, Fischen, Vögeln und Kleinsäugetieren (u.a. Fledermäuse) [1–7]. Doch Biber werden längst nicht alle eingetieften Gewässer wiederbesiedeln können. Denn fragmentierte Gewässer erreichen sie nur schlecht, stark verbauten Gewässern fehlt es an Raum, und in solchen ohne Gehölz sind Nahrung und Baumaterial knapp. Es liegt also an uns Menschen, dem Naturbeispiel zu folgen und weitere Gewässer mit analogen künstlichen Biberdämmen, sogenannten «Beaver Dam Analogs» (BDA) aufzuwerten und krisentauglich zu machen (Fig. 2).

Gemäss Bundesamt für Umwelt BAFU wird das gesteckte Ziel von 50 km Revitalisierungen pro Jahr mit den derzeitigen Instrumenten nicht erreicht. Deshalb sind nun kostengünstigere Methoden und eigendynamische Gewässer gefragt [8]. Genau hier können

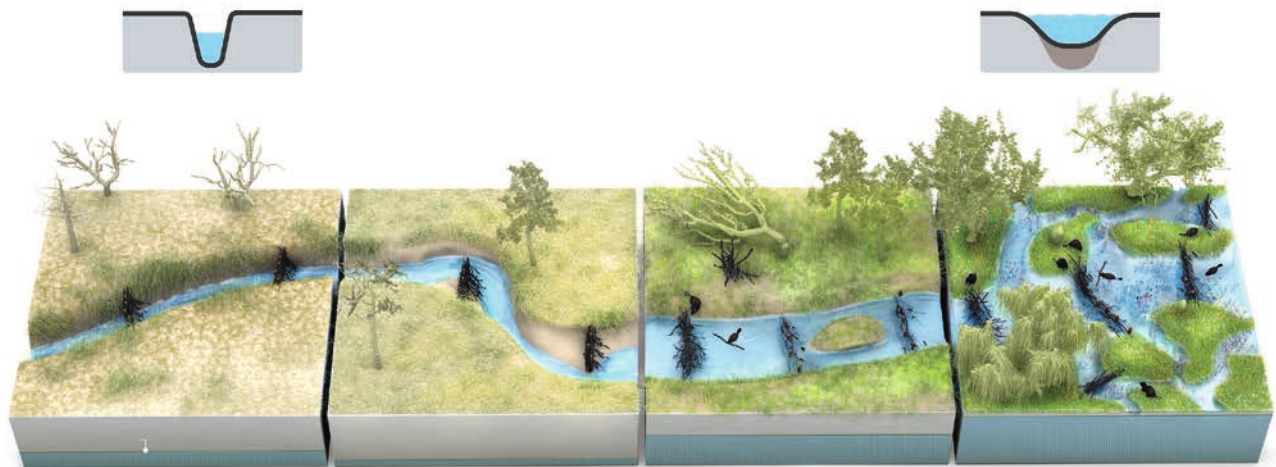
naturnahe, biberdammartige Initialstrukturen ansetzen.

EINGETIEFTE GEWÄSSER

URSACHEN

Eingetiefte Gewässer sind ein weltweites, v.a. von Menschen verursachtes Problem [9–11]. Insbesondere im Flachland sind viele Schweizer Fliessgewässer davon betroffen (Fig. 1). Folgende Ursachen beschleunigten um 1900 das Problem:

- Mit der Ausrottung des Bibers [12] und der Intensivierung der Waldnutzung [13] verschwanden Biberdämme und Totholzverklausungen als natürliche Sohlenstabilisatoren [14].
- Im Zuge der Gewässerkorrekturen wurden viele Gewässer aktiv abgesenkt, um die durch Kanalisierung gewonnenen Nutzflächen vor Überflutung zu schützen [15].
- Weitere Eingriffe, u.a. zur Wasserkraftnutzung, führten vielerorts zu einer gestörten Geschiebezufuhr, einem weiteren zentralen Treiber der Sohlenerosion (Fig. 1).



STADIUM A

In einem eingetieften Bach werden mehrere BDA als Initialbauten eingesetzt (im Bild sind jeweils nur zwei gezeigt). Die seriell eingebauten BDA helfen, die eigendynamische Entwicklung anzukurbeln. Im ersten Stadium, dem Stadium A, heben die kleinen durchlässigen Querbauten den Wasserpegel und den Grundwasserspiegel leicht an.

STADIUM B

Die BDA verändern den Abfluss, wodurch der Bach lokal das Ufersubstrat mobilisieren kann und sich das Gerinne lokal verbreitert. Das Substrat wird von den nachfolgenden BDA zurückgehalten, wobei sich die Sohle anhebt. Die Geschiebeumlagerung bringt wertvolle Gewässerdynamik. Da die BDA jetzt seitlich umflossen werden, fällt der Einstauwirkung weg und der Grundwasserspiegel senkt sich wieder etwas ab.

STADIUM C

Die initialen BDA werden von Bibern angenommen und teils an das breitere Gerinne angepasst. BDA können auch baulich ergänzt werden. Die Gewässersohle wird laufend angehoben, die Wasserspiegelbreite weiter vergrössert und Dynamik sowie Heterogenität von Gewässersohle und Uferbereich nehmen zu. Im breiteren Gerinne wird die Strömung verlangsamt. Der Grundwasserspiegel wird deutlich angehoben.

STADIUM D

Die Dynamik führt zur Bildung von Umgehungsgerinnen. Zusammen mit weiterem Totholzeintrag bringt dies das Gewässer auf die Fläche, schafft komplexe, auenähnliche Lebensräume und hebt den Grundwasserspiegel auf ein naturnahes Niveau. Die neue Gewässerlandschaft wirkt sich insb. positiv auf die Fischfauna, den Wasserrückhalt und die Klimaresilienz der Landschaft aus.

Fig. 2 Schematische Gewässerentwicklung unter dem Einfluss von Beaver Dam Analogs (BDA) aus [42]. Im abgebildeten Szenario unterstützen zugewanderte Biber die letzten Entwicklungsschritte des Gewässers hin zur naturnahen Gewässerlandschaft (Stadien C und D).



Fig. 3a Untersuchungen zeigen, dass Fische aller Altersstadien von der vielfältigen Wirkung der Biberdämme profitieren (insbesondere in den Stadien C und D, Fig. 2). BDA können diese Funktion potenzieren und mehr Fischlebensraum schaffen. (©T. Polli)



Fig. 3b Biber gestalten naturnahe Gewässer; Menschen planen sie mit BDA. So können die positiven Effekte von Biber-Dammrevieren für Gewässerrevitalisierung und Sohlenanhebung genutzt werden – unabhängig von der Besiedlungsdynamik der Biber. (©S. Minnig)

DEFIZITE UND HANDLUNGSBEDARF

Neben der Zerstörung gewässersäumender Lebensräume durch die Kultivierung (Verlust von 90% der Feuchtgebiete [16]) verschärfen eingetiefte Sohlen das Problem. Diese führen zur morphologischen Verarmung der Gerinne, Abkopplung noch vorhandener Auenrelikte und zum Verlust grosser Teile der aquatischen, terrestrischen und amphibischen Biodiversität [9, 17].

Das Erbe eingetiefter Gerinne ist auch in Bezug auf den Klimawandel [18] problematisch: Einerseits verursachen tiefe bzw. erodierende Sohlenlagen eine Absenkung der Grundwasserspiegel, und fehlende Überflutungen verringern die Grundwasserneubildung. Dies stellt angesichts der zunehmenden Häufigkeit extremer Hitze- und Trockenphasen eine massive zusätzliche Gefährdung unserer Trinkwasserversorgung dar. Andererseits konzentrieren eingetiefte Gerinne den Wasserabfluss, wodurch in Phasen mit Starkniederschlägen gegenüber flächigen Überflutungen wesentlich mehr Zerstörungspotenzial für Unterlieger entsteht. Auch werden deutlich grössere Mengen des im Kulturland erodierten Bodens weggespült (Verlust regionaler Bodenfruchtbarkeit und Eutrophierung nachfolgender Gewässer bzw. des Meeres), während sich das Wasserrückhaltevermögen der Böden weiter verringert [19]. Das Zusammenwirken von Erwärmung und Wassermangel wiederum führt zu dramatischen Veränderungen in den Ökosystemen. Dies gefährdet nicht nur die Vielfalt der Fische und Krebse [20], sondern die gesamte einheimische Biodiversität im und am Wasser.



Fig. 4 Biberdammähnliche Effekte (Reduktion der Strömungsgeschwindigkeit, Sohlenanhebung, Wasserrückhalt usw.) entstehen wie im obigen Bild gezeigt auch durch natürliche Totholzansammlungen (vgl. Stadium C, Fig. 2). (©T. Polli)

DIE NATÜRLICHE REFERENZ

Biber haben unsere Gewässer mit ihren Fäll-, Grab- und Stauaktivitäten über mehrere Millionen Jahre gestaltet – besonders die rege Dammbauaktivität mit rund zehn Dämmen pro Fliessgewässerkilometer der einst häufigen Nagetiere hat sich nachweislich in Geologie und Landschaft niedergeschlagen [21]. Gewässertypische Artengemeinschaften sind an diesen Gestaltungstrieb angepasst, so auch die heimischen Fischarten. Mit dem Eintrag von Totholz, der Entstehung von Umgehungsgerinnen und der Anlage von langsam fliessenden Staubereichen bieten sich in Dammrevieren vielfältige dynamische Fischlebensräume (Fig. 3a und b). Davon profitieren sowohl Jungfische (in Form von Verstecken und strömungsberuhigten Bereichen im Biber-

teich, bei Ausstiegen und beim Wintervorrat) wie auch adulte Fische (durch Deckungsangebot, Rückzugsgebiete/ Temperaturrefugien in Biberteichen sowie Kolken und Furten unterhalb der Dämme) [1, 22]. In Studien aus den USA wurde zudem nachgewiesen, dass Fische Biberdämme überwinden können [1, 23]. Ein Dammrevier bleibt dabei stets dynamisch: Wenn einzelne Dämme versagen, werden sie vom Biber wieder hergestellt oder anderswo neu errichtet. Gewässermorphologie, Wasserhaushalt und Biodiversität profitieren entsprechend stark von einer Wiederbesiedlung des Bibers [7, 10, 21, 24-28]. Zudem helfen Biberdammreviere nachweislich, Hochwasserspitzen zu dämpfen [29], sogar in Bergbächen [30]. Die positiven Effekte der Biberaktivität werden aktuell in einem grossen Forschungsprojekt des BAFU



Fig. 5a Durch Biberdämme werden Flächen im Gewässerraum überstaut. Dies führt zu ökologisch hochwertigen, heterogenen und dynamischen Lebensräumen und erhöht die Grundwasserneubildung (vgl. Stadium D, Fig. 2). Bei Hochwasser werden weitere Flächen geflutet, was hilft, Hochwasserspitzen zu brechen. Diese Effekte stellen sich auch durch BDA mit der Zeit automatisch ein.

(©T. Polli)



Fig. 5b Wird der Uferbereich überstaut, führt dies zur Vergrößerung der Wasserspiegelbreite. Selbst kleinere Gewässer können so ökologisch und hydrologisch wertvolle weicherartige Abschnitte ausbilden (vgl. Stadium D, Fig. 2). Im Unterschied zur Biberaktivität sind bei der Umsetzung von BDA Lage und Ausdehnung dieser Abschnitte planbar, wodurch Infrastrukturen und gewässernahe Nutzungen optimal berücksichtigt werden können. (©S. Minnig)

und der Eawag/WSL untersucht [6]. Natürliche Fliessgewässer bergen auch ohne Biber grosse Mengen an Totholz (Fig. 4). Beispiele aus Nordamerika zeigen, dass ein natürliches Totholzregime Gewässermorphologie und Ökologie entscheidend prägt [14]. Zentral sind die bei uns längst fehlenden, grossen «Schlüsselhölzer», die auch vom Hochwasser nicht mobilisiert werden können. An ihnen verfängt sich laufend weiteres Schwemmholz, wodurch grosse, lagestabile Totholzansammlungen entstehen. In Flüssen bilden sich so riesige Totholzinseln, stabile Nebenarme und bewaldete Inseln [14, 31]. In Bächen bilden sich v. a. Verklausungen aus, die Biberdämmen nicht unähnlich sind. Der grosse ökomorphologische Nutzen lagestabiler Totholzstrukturen ist gut dokumentiert und findet in Revitalisierungen zunehmend Beachtung [32–34].

In Natura wirken Biberdämme und Totholzstrukturen somit recht ähnlich. Sie verlangsamen Abfluss und Geschiebetransport deutlich, halten Nährstoffe und Sedimente zurück und fördern relativ hohe Sohlenlagen. Durch Einstau und Überstauung kolmationsfreier Bereiche verstärken sie ausserdem das Einsickern ins Grundwasser und die Wasserreinigung wesentlich [26, 29, 31, 35–39] (Fig. 5a und b). Sie ermöglichen einen starken hyporheischen Austausch (Grund- und Oberflächenwasser) und schaffen eine hohe Konnektivität zwischen Fliessgewässer und Um-

gebung, wodurch Wasserdargebot und -temperatur gepuffert werden bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit und Diversität von Lebensräumen [24]. Biber- und Totholzeffekte dürften sich nicht nur addieren, sondern multiplizieren. Denn einerseits erhöht der Biber den Eintrag an Schlüsselhölzern, indem er grosse Bäume fällt oder diese im Einstaubereich neuer Dämme absterben. Andererseits teilen grosse Totholzstrukturen breite Talflüsse vermehrt in kleinere Nebenarme auf, welche wiederum schmal genug sind, um vom Biber gestaut zu werden. Natürlicherweise würden Bäche und Flüsse daher kaum ein einzelnes

Hauptgerinne ausbilden, sondern wären eine vielschichtig und multidirektional durchflossene Gewässerlandschaft, die eine enorme Habitat- und Artenvielfalt aufweist [40]. Sie sind gegen natürliche Extreme wie Trockenheit, Hochwasser und auch Waldbrände widerstandsfähiger [39].

REVITALISIEREN MIT «BEAVER DAM ANALOGS»

Um eingetiefte Gewässer zu revitalisieren und wichtige Ökosystemleistungen zurückzuholen, muss die Sohle wieder angehoben und der Gewässerraum häufiger



Fig. 6 BDA kurz nach der Erstellung, mit Wasserpegelanstieg um rund 10–15 cm. Der Pegelanstieg bewirkt einen Anstieg des Grundwassers (vgl. Stadium A, Fig. 2). Seriell eingebaut kann der Wasserrückhalt selbst in kleinen Bächen stark vergrössert werden. (©S. Minnig)



Fig. 7a Das dynamische Abflussverhalten in Biberdambereichen fördert die lokale Mobilisierung von Ufersubstrat, das sich hinter dem nachfolgenden Damm ablagert und die Hebung der Gewässersohle bewirkt. Dieser Effekt kann auch durch BDA erreicht werden (vgl. Stadium B, Fig. 2). (©S. Minnig)



Fig. 7b Sechs Monate später: Ein Hochwasser spülte den Damm teilweise weg. Die darauffolgende Ufererosion liefert das notwendige Substrat für die Sohlenanhebung im Unterlauf. Mit BDAs können diese Uferanrisse in Lage und Ausdehnung gesteuert werden (vgl. Stadium B, Fig. 2 und Kap. «Planungsgrundsätze»). (©T. Polli)

überschwemmt werden können. So können die eingetieften Gewässer klimatauglich gemacht werden. Dafür sollten die Effekte von Biberdämmen und Totholz genutzt und analoge Strukturen als Biomimikry verwendet werden (Fig. 6). An Gewässern mit Sohlenbreiten > 10 m können sog. *Engineered Log Jams* (ELJ) eingesetzt werden, welche die Totholzprozesse natürlicher Flüsse wieder in Gang bringen [35]. In der Schweiz werden ELJ bereits erfolgreich eingesetzt. Eine Planungshilfe wurde hierzu vom Kanton Bern veröffentlicht [34].

Doch es gilt, vor allem kleinere Gewässer aus der Versenkung zu holen, denn diese machen mehr als 70% der Schweizer Flie遥strecken aus [41]. Dafür eignen sich Initialstrukturen wie *Beaver Dam Analogs* (BDA). Diese künstlichen Biberdämme sind in Nordamerika schon gut untersucht und relativ weit verbreitet [1, 10, 42], in Europa derzeit aber noch kaum bekannt. Sie sind kostengünstig und einfach zu erstellen – entscheidende Faktoren für die Umsetzung. BDA bestehen i.d.R. aus relativ niedrigen, seriell eingebauten Pfahlreihen, die mit Weidenflechtwerk, Schlamm und Steinen abgedichtet werden [10, 42, 43].

Durch dynamische Prozesse (Fig. 7a und b) und den Rückhalt von Wasser und Feststoffen stellt sich eine Sohlenauflandung ein, die mit der Zeit eine Entwicklung des eingetieften Gewässers zurück zur autotypischen Morphologie ermöglicht. Sind Biber in der Nachbarschaft bereits aktiv, können sie diese Initialbauten übernehmen und ausbauen, was die ökologischen Effekte

vervielfältigt und die Lebensdauer der Strukturen erhöht [42].

Wie Studien zeigen, erhöhen BDA mit oder ohne Biber die Konnektivität von Gerinne und umgebendem Terrain (Fig. 8), indem die Sohle angehoben wird. Weiter erhöhen sie Abfluss- und Grundwasserspiegel und puffern den Wasserhaushalt im Jahresgang [44, 45]. Von BDA können aquatische und semiaquatische Arten in hohem Masse profitieren, z.B. bedrohte Amphibienarten sowie Salmoniden [1, 2]. BDA schwächen Hitzespitzen ab, schaffen überlebenswichtige Kaltwasserpools [22] und können so Hilfe für den Erhalt von stark unter Druck geratene Fischarten leisten. Als

kostengünstiges, planbares Instrument können BDA helfen, die Biodiversitäts- und Revitalisierungsziele von Bund und Kantonen effektiv zu erreichen.

PLANUNGSGRUNDSÄTZE

In der dicht besiedelten Schweiz sind mögliche Anwendungen von BDA stets standortspezifisch zu analysieren und deren Machbarkeit zu prüfen. Potenzielle Standorte liegen v.a. ausserhalb der Bauzonen: in Naturschutzgebieten, extensiv genutztem Landwirtschaftsgebiet und im Wald. Obwohl die Strukturen mit lokalem Material und ohne grosse Maschinen erstellt werden können, sind sie stets fach-



Fig. 8 Biberdämme heben die Gewässersohle oberhalb des Damms durch Ablagerungen stark an. Im Bild sind die abgelagerten Sedimente gut sichtbar. Dieser Effekt kann auch durch BDA erreicht werden (vgl. dazu Stadium C, Fig. 1). (©T. Polli)

gerecht zu planen, zu bewilligen, umzusetzen und ggf. zu unterhalten:

- Der Einbau der Pfähle (Höhe über Sohle, Verankerungstiefe, Belegungsdichte etc.) sowie die Kolkbildung unterstrom sind fallspezifisch zu bemessen bzw. zu beurteilen. Da BDA analog dem natürlichen Vorbild stets seriell angeordnet werden, kann die Höhe der einzelnen BDA relativ gering sein. Die Kolkentiefe kann weiter mittels fließparalleler Astlagen unterwasserseitig reduziert werden (*overflow mattress*).
- Im Gesamtsystem dürfen weder durch die Strukturen und den Rückstau noch durch die projektierte Sohlenanhebung Hochwasserschutzdefizite geschaffen werden.
- Da mit BDA Wasseraustritte häufiger sind und lokale Uferanrisse auftreten können, sind angrenzende Nutzungen einzubeziehen (Standortwahl, BDA-Höhe, Fliesswege). Vorteilhaft sind daher Gewässerräume mit Biodiversitätsbreite sowie Lagen, wo diese Prozesse durch die Topografie begrenzt sind oder sie auf angrenzenden Flächen keinen Schaden anrichten. Auch eine Nutzungsanpassung kann zielführend sein (z.B. Nassreisanaubau) [46].
- Mögliche Rückstauwirkungen in Drainagen sind zu berücksichtigen, ggf. sind flankierende Massnahmen wie Sammelleitungen sinnvoll [47, 48].
- Lokale Anhebungen des Grundwasserspiegels durch BDA sind zu berücksichtigen, spezifische Schutzziele sind einzuhalten.
- Zu klären ist, woher das Material für die Sohlenauflandung kommt: Je nach Bestockungsgrad und Uferbeschaffenheit ist nach Einbau z.B. durch Ausbildung seitlicher Läufe mit lokaler Seitenerosion im Gewässerraum zu rechnen. Wo kaum Seitenerosion möglich ist, sind Art und Umfang des Feststofftransports von oberhalb des Abschnitts für die Sohlenanhebung ausschlaggebend. Während dieses Prozesses kann im Unterlauf ein temporäres Geschiebedefizit entstehen.
- In Bächen mit nur geringer Wasserführung sind BDA relativ dicht auszuführen, um den gewünschten Wasserrückhalt zu ermöglichen.
- Bewilligung und Realisierung erfolgen z.B. im Rahmen einer Revitalisierung oder im Gewässerunterhalt.
- Empfohlen ist, die Entwicklung periodisch zu beurteilen. BDA sind unter-



Fig. 9a Der Bau von BDA erfordert i.d.R. nur einfache Werkzeuge und Baumaterialien. Üblicherweise wird zuerst ein Grundgerüst aus Holzpfählen erstellt. Lage, Höhe, Breite und Verankerung der BDA sind auf die Projektanforderungen abzustimmen (vgl. Kap. «Planungsgrundsätze»). (©S. Minnig)

haltsarm, aber weitere Eingriffe sind ev. zielführend, beispielsweise eine seitliche Ergänzung mit weiteren Pfählen, Nachbesserungen beim Flechtwerk, die Kontrolle allfälliger Seitenerosion in Zwischenphasen sowie die Lenkung des Oberflächenabflusses. Die Lebensdauer einzelner BDA beträgt i.d.R. < 10 Jahre. Solange das Gesamtsystem aber wirkt (Wasserrückhalt, Sohlenanhebung), bringen diese zerfallenden und umströmten Strukturen ökologisch wertvolle Dynamik.

- Wo Biber bereits aktiv sind oder mit einer Besiedlung zu rechnen ist, sollte eine bibergerechte Planung angestrebt werden, um allfällige Konflikte vorzubeugen [47].

POTENZIAL UND PILOTPROJEKTE IN DER SCHWEIZ

Nach Einschätzung der Autorenschaft ist das Potenzial für BDA in fast allen biogeografischen Regionen der Schweiz sehr gross. Mögliche Anwendungsgebiete sind:

Ausserhalb Bauzonen

Entlang der Bäche (70% der Fließstrecke des schweizerischen Flussnetzwerks) sind BDA zur Schaffung wertvoller auenähnlicher Lebensräume einsetzbar, sowohl über lange Strecken wie auch als häufige Trittsteine. Dadurch würde die

Vernetzung von Artenpools gefördert und die ökologische Infrastruktur gestärkt. Je nach Standortbedingungen bietet der bestehende Gewässerraum hierfür das nötige Aktionsfeld. Im Wald kann eine fallspezifische Interessenabwägung nötig sein.

Auengebiete

Zwei Drittel der insgesamt 326 Auengebiete von nationaler Bedeutung sind in einem ungenügenden Zustand [49]. BDA in Giessenläufen und Auenbächen regenerieren degradierte Auenrelikte, sie erhalten und fördern deren Artenvielfalt.

Moore

Viele Hochmoore befinden sich in einem entwässerten Zustand und setzen kontinuierlich CO₂ frei [50]. BDA sind zur Wiedervernässung von Mooren einsetzbar und fördern damit den Klima-, Arten- und Moorschutz.

Biber und Klima

BDA können auch verwendet werden, um Biber gezielt «anzulocken», damit sie die Gewässer anschliessend dynamisch formen. Das Potenzial für Klimaschutz und Klimaanpassung ist in allen genannten Anwendungen gegeben, wo möglichst viele BDA über eine längere Strecke als Gesamtsystem wirken. Dadurch werden auentypische Ökosystem-



Fig. 9b Die Abdichtung der BDA wird meist mit lokal vorhandenem Material wie Ästen, Steinen und Bachsubstrat ausgeführt. Wie beim natürlichen Vorbild sind BDA stets seriell einzubauen. Sind die einfachen Initialstrukturen einmal eingebaut, verändern sie die Gewässerdynamik, schaffen wertvolle Habitate und ermöglichen über die Zeit eine naturnahe Gewässerentwicklung hin zu autotypischen Lebensräumen.

(©D. Tinner)

leistungen wie Grundwasserbildung, Wasserreinigung, Nährstoffrückhalt, Rückhalt von Treibhausgasen und Hochwasserretention [51, 52] aktiviert. Ein lokal gut gepufferter Wasserhaushalt kann in künftigen Trockenextremen darüber entscheiden, ob wir lokale Fischpopulationen oder auch Ernten halten oder verlieren.

Bisher wurden Schweizer BDA-Pilotprojekte am Gilebächli in Neunforn (TG) (Fig. 6, 9a und 9b) und am Rossgrabebächli in Neuenegg (BE) umgesetzt. Am Schlossbach in Rümligen (BE) steht die Realisierung kurz bevor. Weitere Projekte sind aktuell in Planung.

AUSBLICK UND EMPFEHLUNG

Die Reintegration von Biber und Totholz bzw. deren Biomimikry (BDA, ELJ) in unsere Gewässer bietet grosse Chancen für Auenlebensräume und gewässertypische Biozönosen. Sowohl Biber- als auch Nachahmungsbauten sind nach Auffassung der Autorenschaft ein Schlüssel zur Erreichung der Klimaanpassung unserer Gewässer und der Qualitätsziele für die ökologische Infrastruktur.

Bestehende Biberdammreviere führen vor Augen, welche enormen Effekte damit zu erreichen sind. Um die gesteckten Revitalisierungsziele zu erreichen, und die Folgen der Klima- und Biodiversitätskrise abzuschwächen, sollte nun bei weiteren eingetieften Gewässern selbst Hand angelegt werden. Mit BDA stehen dafür vielversprechende und kostengünstige Massnahmen zur Verfügung. Für deren Umsetzung braucht es fallspezifische Planungen, um potenzielle Risiken zu berücksichtigen und Schäden zu vermeiden. Um hierzulande Erfahrungen zu sammeln und die Akzeptanz dieser Massnahmen zu erhöhen, bieten sich v. a. Auenprojekte und räumlich grosszügige Revitalisierungen an. Im Landwirtschaftsgebiet werden hingegen flankierende Massnahmen nötig sein, um eine Vernässung wertvollen Kulturlands zu verhindern – zumindest so lange Drainagen aus Sicht Landwirtschaft noch zielführend sind – was sich mit dem Klimawandel mittelfristig ändern dürfte.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bouwes, N. et al. (2016): Ecosystem experiment reveals benefits of natural and simulated beaver dams to a threatened population of steelhead

(*Oncorhynchus mykiss*). *Nature. Scientific Reports* 6:28581

- [2] Campbell-Palmer, R. et al. (2020): A review of the influence of beaver *Castor fiber* on amphibian assemblages in the floodplains of European temperate streams and rivers. *Herpetological Journal*, Volume 30, <https://doi.org/10.33256/hj30.3.135146>, pp. 135-146
- [3] Hafner, A. (2018): Amphibien- und Libellenaufnahmen 2018 am Bibersee Marthalen. Heruntergeladen am 11. Januar 2022: www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/naturschutz/naturschutzgebiete/auenlandschaft-thurmwendung/erfolgskontrollen/ek_amphibien_libellen_2018.pdf
- [4] Messlinger, U. (2011): Monitoring von Biberrevieren in Westmittelfranken. Bund Naturschutz in Bayern e. V. Heruntergeladen am 11. Januar 2022: https://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/Intern_Bereich/Schlussbericht_Monitoring_Biber_Mfr_2018.pdf
- [5] Nummi, N. et al. (2011): Bats benefit from beavers: a facilitative link between aquatic and terrestrial food web. *Biodivers Conserv* (2011) 20:851–859
- [6] Robinson, C.; Bryner, A. (2021): Auch Bäche in landwirtschaftlichen Gebieten profitieren vom Biber. Von News-Plattform vom 9. Februar 2021: <https://www.eawag.ch/de/news-agenda/news-plattform/news/auch-baeche-in-landwirtschaftlichen-gebieten-profitieren-vom-biber/>

- [7] Sommer, R. et al. (2019): Der Einfluss des Bibers auf die Artenvielfalt. NATURSCHUTZ und Landschaftsplanung 51 (03)
- [8] BAFU (Hrsg.) (2021): Renaturierung der Schweizer Gewässer. Stand Umsetzung Revitalisierungen 2011-2019. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- [9] Montgomery, D. (2007): *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press
- [10] Pollock, M. et al. (2014): Using Beaver dams to Restore Incised Ecosystems. *BioScience*
- [11] Wang, S. et al. (1997): *Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision: Stabilization, Rehabilitation and Restoration*. University of Mississippi
- [12] Stocker, G. (1985): Biber (*Castor fiber*) in der Schweiz. Probleme der Wiedereinbürgerung aus biologischer und ökologischer Sicht. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, S. 149
- [13] Della Casa, P. et al. (2015): Wald, in: *Historisches Lexikon der Schweiz (HLS)*, Version vom 29.04.2015. Abgerufen am 2.8.2021.: <https://hls-dhs-dss.ch/de/articles/007849/2015-04-29/>
- [14] Polvi, L.; Wohl, E. (2013): Biotic Drivers of Stream Planform: Implications for Understanding the Past and Restoring the Future. *BioScience*
- [15] Vischer, D. (2006): Gewässerkorrekturen, in: *Historisches Lexikon der Schweiz (HLS)*, Version vom 11.12.2006. Abgerufen am 31.7.2021.: <https://hls-dhs-dss.ch/de/articles/007850/2006-12-11>
- [16] Ewald, K. C.; Klaus, G. (2009): *Die entwässerte Landschaft in: Die ausgewechselte Landschaft*. Bern: Haupt Verlag
- [17] Shields, F. et al. (2009): The stream channel incision syndrome and water quality. *Ecological Engineering*
- [18] BAFU (Hrsg.) (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. *Umwelt-Wissen Nr. 2101*: 134 S.
- [19] Dembinski, M.; Werder, U. (Hrsg.) (1997): *Renaturierung von Fließgewässern und Auen*. VSÖ Publikationen, Band 2. Hamburg: ad fontes verlag
- [20] Aeschlimann, A. (2021): *Trockenheit, Hitze und Niedrigwasser: Klimaanpassungsmassnahmen für kälteliebende Fischarten*, Bern
- [21] Goldfarb, B.; Flores, D. L. (2018): *Eager: the surprising, secret life of beavers and why they matter*. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing
- [22] Weber, N. et al. (2017): Alteration of stream temperature by natural and artificial beaver dams. *Plos One*
- [23] Lokteff, R. et al. (2013): Do Beaver Dams Impede the Movement of Trout? *Transactions of the American Fisheries Society*
- [24] Bird, B. et al. (2011): *Beaver and Climate Change Adaption in North America. A Simple, Cost-Effective Strategy*. Wild Earth Guardians, Grand Canyon Trust, The Lands Council
- [25] Derek, G. (2021): *Bringing back the beaver: the story of one man's quest to rewind Britain's waterways*. White River Junction, Vermont : Chelsea Green Publishing
- [26] Larsen, A. et al. (2021): Dam builders and their works: Beaver influences on the structure and function of river corridor hydrology, geomorphology, biogeochemistry and ecosystems. *Earth-Science Reviews* 218 103623
- [27] Pollock, M. et al. (2003): *Hydrologic and Geomorphic Effects of Beaver Dams and Their Influence on Fishes*. American Fisheries Society Symposium.
- [28] Puttock, A. et al. (2016): Eurasian beaver activity increases water storage, attenuates flow and mitigates diffuse pollution from intensively-managed grasslands. *Science of the Total Environment*
- [29] Zahner, V. (2018): Einfluss des Bibers auf den Wasserhaushalt. Schweizer Fachtagung Biber, Frauenfeld. Heruntergeladen am 11. Januar 2022: www.unine.ch/files/live/sites/cscf/files/shared/documents/castor/deutsch/Tagungen/2018_Fachtagung%20Biber/Vortr%C3%A4ge/Zahner%20C%20V._2018_Fachtagung%20Biber%20Frauenfeld.pdf
- [30] Nyssen, J. et al. (2011): Effect of beaver dams on the hydrology of small mountain streams: Example from the Chevril in the Ourthe Orientale basin, Ardennes, Belgium. *Journal of Hydrology*
- [31] Collins, B. D. et al. (2012): The floodplain large-wood cycle hypothesis: A mechanism for the physical and biotic structuring of temperate forested alluvial valleys in the North Pacific coastal ecoregion. *Geomorphology* (139-140 (2012) 460–470)
- [32] Meyer, L. et al. (2018): Revitalisierung bissiger Gewässer mit Schlüsselholzern - Beispiel Scherlibach BE. *Ingenieurbilogie* 2/18
- [33] Werdenberg, N.; Widmer, A. (2018): Stammzellenkur für die Alte Aare – ein Totholz-Grossprojekt im Mittelland. *Ingenieurbilogie* 2/18
- [34] Widmer, A. et al. (2019): *Planungshilfe Engineered Log Jam*. Renaturierungsfonds der Kantons Bern (Hrsg.)
- [35] Abbe, T. et al. (2018): *Engineered Log Jams: Recent Developments in Their Design and Placement, with examples from the Pacific Northwest, U.S.A. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier
- [36] Covino, T.; Wohl, E. (2017): Beaver-mediated lateral hydrologic connectivity, fluvial carbon and nutrient flux, and aquatic ecosystem metabolism. *Water Resources Research*
- [37] Larsen, A.; Larsen, J. (2018): *VerDAMMte Bäche: Wie Biber Gewässer beeinflussen*. Schweizer Fachtagung Biber, Frauenfeld. Heruntergeladen am 11. Januar 2022: http://www.unine.ch/files/live/sites/cscf/files/shared/documents/castor/deutsch/Tagungen/2018_Fachtagung%20Biber/03_VerDAMMte%20B%C3%A4che_Anne-gret%20Larsen.pdf
- [38] Wohl, E. et al. (2019): Natural Wood Regime In Rivers. *BioScience*, Volume 69, Issue 4, April 2019, Pages 259–273, <https://doi.org/10.1093/biosci/biz013>
- [39] Wohl, E. et al. (2019): Managing for large wood and beaver dams in stream corridors. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain
- [40] Burchsted, D. et al. (2010): *The River Discontinuum: Applying Beaver Modifications to Baseline Conditions for Restoration of Forested Headwaters*. Center for Integrative Geosciences. 1
- [41] Peter, A.; Schölzel, N. (2018): Die Bedeutung kleiner Fließgewässer für unsere Fische. *Aqua & Gas* 7/8
- [42] Goldfarb, B. (2018): *Beavers, Rebooted: Artificial beaver dams are a hot restoration strategy, but the projects aren't always welcome*. *Science* 360(6393)
- [43] Pollock, M. et al. (2015): *The Beaver Restoration Guidebook: Working with Beaver to Restore Streams, Wetlands, and Floodplains*. Version 1.0. . Portland, Oregon: United States Fish and Wildlife Service
- [44] Wade, J. et al. (2020): Beaver dam analogues drive heterogeneous groundwater-surface water interactions. *Hydrological Processes*
- [45] Pearce, C. et al. (2021): Impact of beaver dam analogues on hydrology in a semi-arid floodplain. *Hydrological Processes*
- [46] Jacot, K. et al. (2021): *Nassreisenbau in der Schweiz: Produktion mit Artenförderung kombinieren*. Inside Natur + Landschaft
- [47] Angst, C. (2014). *Biber als Partner bei Gewässerrevitalisierungen. Anleitungen für die Praxis*. Umwelt-Wissen Nr. 1417. Bundesamt für Umwelt, Bern: 16 S.
- [48] Werdenberg, N.; Widmer, A. (2020): *Sammelleitung Orpundbach – Dokumentation Bibermassnahmen*
- [49] Bonnard, L.; Lussi, S. (2021): *Auen erhalten und aufwerten – echte Herausforderung für Fachleute Natur und Landschaft*. Inside Natur Landschaft
- [50] Siegrist, M. (2021): *Klimaschutz durch die Renaturierung von Hochmooren*. Inside Natur + Landschaft
- [51] Mehl, D. et al. (2013): *Analyse und Bewertung von Ökosystemfunktionen und -leistungen großer Flussauen*. KW Korrespondenz
- [52] Scholz, M. et al. (2012): *Ökosystemfunktionen in Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention Nährstoffrückhalt, Treibhausgas-Senken-/Quellenfunktion und Habitatfunktion*. Schriftenr. Naturschutz und biologische Vielfalt