



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU

Biodiversität 2025

Der Biber – ein wirkungsvoller Partner für lebendige Gewässer



Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

Redaktion

Christof Angst, Cécile Auberson (info fauna Nationale Biberfachstelle, Neuenburg)

Fachliche Begleitung

Claudine Winter, Diego Dagani, BAFU

Layout

Funke Lettershop AG

Titelbild

Eine Biberfamilie hat den kanalisierten Mederbach in Marthalen (ZH) 2009 in den Wald umgeleitet und ein 4 Hektar grosses Feuchtgebiet geschaffen.

© Christof Angst

Kartengrundlagen

info fauna 2025, Bundesamt für Landestopographie, Bundesamt für Statistik

PDF-Download

<https://www.bafu.admin.ch/biber>

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2025

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	4
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	7
2 Biberbestandserhebung 2022	9
3 Wirkung von Biberdämmen auf die Biodiversität	12
4 Verhalten von Fischen an Biberdämmen	22
5 Veränderungen der Wasserqualität in Biberteichen	29
6 Kohlenstoffbilanz im Biberrevier in Marthalen (Kanton Zürich)	32
7 Ein Biber-Auenmodell für die Schweiz	36
8 Diskussion der Resultate	39
8.1 Bewertung und Einordnung der Resultate	39
8.2 Der Biber als Partner für die Förderung und Erhaltung der Biodiversität an Gewässern	43
9 Der Biber als Partner in umweltrelevanten Projekten	44
9.1 Der Biber als Partner im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich	44
9.2 Handlungsfeld Wasser - der Biber als Partner von Wasserbauprojekten	44
9.3 Handlungsfeld Wald – der Biber und die Waldbiodiversität	48
9.4 Handlungsfeld Siedlungsraum – der Biber und Siedlungsentwicklungsprojekte	50
9.5 Handlungsfeld Offenland – Der Biber in der Landwirtschaft	50
10 Schlusswort	52
11 Literatur	53

Abstract

Die positive Wirkung, die der Biber mit seinen Aktivitäten auf die Artenvielfalt, die Ökosystemfunktionen und die Gewässerstruktur ausüben kann, ist in naturnahen Ökosystemen bekannt. Es stellt sich die Frage, ob diese Effekte auch in weniger naturnahen Gewässerlebensräumen zum Tragen kommen. Dies zu wissen, ist von Bedeutung, denn Biber könnten mit ihren Aktivitäten wie dem Bau von Dämmen von den Vollzugsbehörden gezielt als Instrument zum Erreichen verschiedener Naturschutzziele, oder für die Renaturierung von Gewässern und Feuchtgebieten eingeplant und genutzt werden. Dazu, und um potenzielle Konflikte zwischen Bibern und Landnutzern präventiv vermeiden zu können, brauchen die Vollzugsbehörden mehr Kenntnisse, welche im Rahmen eines umfassenden Forschungsprojekts zur Funktion von Biberdämmen in der Landschaft (2020 bis 2023) erarbeitet worden sind. Die Resultate bestätigen die positiven Auswirkungen, die der Bau von Biberdämmen auch in den Schweizer Gewässern haben kann. Mit ihrer Tätigkeit schaffen die Biber struktur- und artenreiche sowie dynamische Lebensräume. Rund um Biberdämme nimmt die Artenvielfalt zu. In den Rückstauflächen der Biberdämme (Biberteiche) laufen biologische und chemische Prozesse ab, die zu einer besseren Wasserqualität sowie einer erhöhten Kohlenstoffspeicherung führen können. Zudem werden mit den Biberteichen grosse Wassermengen in der Landschaft zurückgehalten. Nicht zuletzt zeigen Gewässer mit Biberteichen auch eine höhere Resilienz gegenüber Einflüssen wie dem Klimawandel. Aufgrund seiner positiven Wirkung auf Biodiversität und Ökosystemleistungen sollte der Biber künftig bestmöglich in die Planungen von Bund und Kantonen zur ökologischen Infrastruktur einbezogen werden.

Zusammenfassung

Die Wiederansiedlung des in der Schweiz einst ausgerotteten Bibers ist eine Erfolgsgeschichte im Artenschutz. Er hat in den letzten Jahrzehnten viele Gewässer wiederbesiedelt und sich gut etabliert. Mit seiner Fähigkeit, Gewässer und ihre Umgebung nachhaltig umzugestalten, bleibt der Biber nirgends lange unbemerkt. Insbesondere in der dicht besiedelten Kulturlandschaft des Schweizer Mittellandes kann er durch den Bau von Dämmen und das Graben von Höhlen in die Uferböschungen mit Nutzungsinteressen des Menschen in Konflikt geraten. Vieles wurde und wird für ein pragmatisches Konfliktmanagement durch die kantonalen Vollzugsbehörden getan. Entsprechend gibt es viele Quellen, auf die man sich berufen kann. Auch das Schweizer Jagdrecht trägt dem Konfliktpotenzial des Bibers Rechnung.

Was aber immer noch wenig bekannt ist, sind die positiven Auswirkungen seines Schaffens in folgenden Bereichen:

- Förderung der Biodiversität
- Wasserreinigung
- Kohlenstoffspeicherung
- Wasserrückhalt

Im Jahr 2020 startete der Bund ein Forschungsprojekt, um zu untersuchen, wie Biberdämme in der Landschaft wirken und welchen Einfluss sie auf die Schweizer Gewässer haben. Dieses Projekt wurde im Rahmen des Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz finanziert. Die dreijährige Studie hat vielversprechende Ergebnisse geliefert und besteht aus den folgenden sechs Modulen:

Biberbestandeserhebung 2022

Nachdem der Biber zu Beginn des 19. Jahrhunderts in der Schweiz ausgerottet worden war, wurde er zwischen 1956 und 1977 wieder angesiedelt. Es dauerte einige Jahrzehnte, bis er sich etabliert hatte, doch um die Jahrtausendwende waren die Bestandstrends deutlich positiv: Während 1993 in der Schweiz nur vereinzelt ein paar hundert Biber gezählt wurden, besiedelten 2008 bereits fast 1600 dieser Nagetiere die Schweizer Gewässer. Vierzehn Jahre später zeigt die vierte nationale Erhebung ein anhaltendes Wachstum der Populationen: Im Jahr 2022 lebten in der Schweiz fast 4900 Biber.

Wirkung des Bibers auf die Biodiversität

Dies ist ein erfreulicher Trend für die Natur in der Schweiz, insbesondere für die aquatische Biodiversität, die heute stark unter Druck steht. Der Biber ist ein «Ökosystem-Ingenieur», der mit seinen Bauten vielen Arten die Möglichkeit gibt, sich zu entwickeln. Ob Dämme, Kanäle, Lichtungen oder Burgen – all diese Bauten schaffen Strukturen und Lebensräume, die derzeit in den Gewässern fehlen. Der Biber stellt damit eine jahrtausendealte Dynamik wieder her, die mit ihm verschwunden war. In den vom Biber beeinflussten Gewässerabschnitten wurden durchschnittlich 2,6-mal mehr Arten und 5,9-mal mehr Individuen gefunden als in den Kontrollstrecken. In Gebieten, in denen der Biber sein volles Potenzial entfalten kann, sind es sogar 6,5-mal mehr Arten und 62,1-mal mehr Individuen. Der entscheidende Faktor für solche Auswirkungen auf die Biodiversität ist der Bau von Dämmen und andere damit verbundene Aktivitäten, durch die die Gewässer stärker mit ihrer Umgebung vernetzt werden. Wenn Uferzonen und angrenzende Flächen überflutet werden, entstehen vielfältigere Lebensräume und die Artenvielfalt ist höher.

Verhalten von Fischen an Biberdämmen

Die Rückkehr des Bibers wird von einzelnen Gruppen gelegentlich auch als Problem wahrgenommen. Es wird z.B. befürchtet, dass die Biberdämme für die Fische nicht passierbar sind und sie sich somit negativ auf die Fischwanderung auswirken.

Im Rahmen dieses Projekts wurden drei Arten von Gewässerabschnitten untersucht, die mit sehr unterschiedlichen ökomorphologischen Profilen repräsentativ für Schweizer Bäche sind. Es hat sich gezeigt, dass die Befürchtungen bezüglich der Auswirkungen auf die Fischwanderung weitgehend unbegründet sind: Biberdämme können von Fischen überwunden werden, und zwar von allen untersuchten Arten. Die Durchgängigkeit korrelierte dabei stark mit erhöhtem Abfluss nach Regenereignissen, die die Pegeldifferenz zwischen oberhalb und unterhalb des Dammes verringerten und so die Passage erleichterten. Gleichzeitig stellte sich aber auch heraus, dass die ökomorphologischen Eigenschaften des Gewässers für ein erfolgreiches Überwinden ausschlaggebend sind: Je mehr das Gewässer mit dem Gewässerraum vernetzt ist und sich Seitenkanäle bilden können, desto höher ist der Prozentsatz der Fische, die es über den Biberdamm schaffen.

Veränderungen der Wasserqualität in Biberteichen

Dieses Modul befasst sich mit dem Einfluss von Biberdämmen auf die Wasserqualität. Auf 164 Biberdammabschnitten wurden im Sommer und im Winter Wasserproben entnommen. Die Analysen zeigten einen Anstieg der Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) unterhalb von Biberdämmen. Dies hängt mit der erhöhten Primärproduktivität in den Biberteichen zusammen. Zudem wurde festgestellt, dass ein Biberdamm zu einer Verringerung der Nitratkonzentration im Wasser führt. Diese Wirkungen korrelieren signifikant mit der Grösse des angrenzenden Feuchtgebiets: Je grösser das Feuchtgebiet ist, desto ausgeprägter ist die Senkung der Nitratkonzentration und der DOC-Anstieg.

Kohlenstoffbilanz im Biberrevier in Marthalen (Kanton Zürich)

Als Untersuchungsgebiet für das fünfte Modul wurde ein seit dreizehn Jahren bestehendes Biberrevier ausgewählt. Ziel war es, die Kohlenstoffbilanz eines Biberreviers über ein ganzes Jahr hinweg zu erstellen. Das vom Biber neu geschaffene Feuchtgebiet produziert fast doppelt so viel Biomasse und speichert die dreifache Menge an Kohlenstoff als der Wald, der vor der Ankunft des Bibers vorhanden war.

Ein Biber-Auenmodell für die Schweiz

Schliesslich wurde ein digitales Modell entwickelt, mit dem die Auswirkungen von Biberdämmen auf die angrenzenden Flächen von Fliessgewässern vorhergesagt werden können. Durch Biberdämme entstehende Feuchtgebiete sind einerseits eine Chance für die Natur, andererseits bergen sie aber auch ein Konfliktpotenzial. Dieses Modell kann das Ausmass solcher Vernässungen visualisieren und somit als Planungsinstrument dienen. Das Auenmodell zeigt, dass der Biber in der Schweiz mit dem Bau von Dämmen auf einer Fläche von 290 km² hauptsächlich positive Effekte haben kann, während auf 150 km² mehrheitlich mit Konflikten zu rechnen ist. Dieses Instrument kann in Zukunft dazu verwendet werden, die Gebiete zu bestimmen, in denen die Biodiversität durch die Besiedlung des Bibers am meisten profitiert, oder als Hilfsmittel für die kantonale Planung, um mögliche Konflikte vorgängig zu identifizieren.

Der Biber als Partner für lebendige Gewässer

Der Biber ist ein wirkungsvoller Partner bei der Revitalisierung von Fliessgewässern: Er stellt Lebensräume wieder her und fördert die natürliche Dynamik von Bächen. Seine neu geschaffenen Teiche wirken sich vielfältig aus. Ganz direkt fördern diese die Biodiversität. Biber beeinflussen die Wasserqualität positiv und tragen mit den Dämmen zum Abbau von Nitraten bei. Biberfeuchtgebiete können als Kohlenstoffsenken wirken. Sie haben aber auch Auswirkungen auf die Hydrologie, indem sie als Rückhaltebecken dienen, Wasser zurückhalten und die Neubildung von Grundwasser begünstigen.

Es bestehen bereits Instrumente, um vom Biber geschaffene Lebensräume langfristig zu sichern: Im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich wird die Schaffung von Reservaten für feuchte Wälder unterstützt. Der Biber und seine Auswirkungen auf die Biodiversität, die Wasserökosysteme und die Wasserqualität sollen bestmöglich in die weiteren Überlegungen und Umsetzungen von Bund und Kantonen einbezogen werden.

1 Einleitung

Die Schweiz hat ihre Anstrengungen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt hierzulande seit einigen Jahren intensiviert. Obwohl durch die ergriffenen Massnahmen einige lokale Erfolge verzeichnet werden konnten, bleibt der Druck auf die Biodiversität in der Schweiz aber hoch und die Ökosystemleistungen sind nicht langfristig gesichert (BAFU, 2023a). Zu den am stärksten gefährdeten Arten in der Schweiz gehören solche, die auf Wasser- und Feuchtlebensräume angewiesen sind, was darauf zurückzuführen ist, dass 82 Prozent der Gewässerlebensräume in der Schweiz gefährdet sind (BAFU, 2023b). Über 90 Prozent der Fläche der Auengebiete sind seit 1850 aus der helvetischen Landschaft verschwunden (BAFU, 2022a). Der Rückgang der aquatischen Biodiversität ist auf effizientere Entwässerungssysteme (BAFU, 2023a), die Zerstörung von Lebensräumen zur Gewinnung von Acker- oder Bauland, ihre Fragmentierung durch Verkehrsinfrastrukturen, die Kanalisierung von Fliessgewässern, Uferverbauungen oder auch die Wasserverschmutzung zurückzuführen (BAFU, 2023b). All diese Beeinträchtigungen haben die Struktur und die Dynamik der aquatischen Lebensräume in der Schweiz verändert: Das Schweizer Gewässernetz kann eigentlich nur noch selten als natürlich bezeichnet werden; es wurde praktisch immer durch den Menschen verändert.

Das Parlament hat diese Probleme erkannt und 2011 das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG; SR 814.20) angepasst, das die Kantone zur Renaturierung von Flüssen, Revitalisierung und Sanierung von Wasserkraftwerken und zur Festlegung von Gewässerräumen verpflichtet. Ziel ist es unter anderem, bis 2090 insgesamt 4 000 Kilometer Flussläufe zu revitalisieren. Die Arbeiten sind in der Umsetzung und bis Ende 2019 waren 160 km Fliessgewässer revitalisiert, was nur 4 % des Ziels entspricht (Stand 2019; BAFU, 2021a). Naturnahe, selbstregulierende und widerstandsfähige Oberflächengewässer müssen dringend wiederhergestellt werden (BAFU, 2022a). Die Klimaerwärmung führt zu häufigeren Wetterextremen, die zu Überschwemmungen und Dürren sowie zu Veränderungen der saisonalen Abflüsse führen, die es zu bewältigen gilt (BAFU, 2021b). Der zu erwartende Temperaturanstieg könnte auch eine ganze Reihe von national prioritären Süsswasserarten wie etwa Insekten, Schnecken, Muscheln, Krebse und Fische in Bedrängnis bringen. Viele Vertreter dieser Gruppen gelten nämlich als wärmeempfindlich (BAFU, 2023a). Ihr Überleben ist in einigen Flüssen bereits heute gefährdet.

Uns steht aber ein leistungsfähiger Partner zur Verfügung, der uns helfen kann, die Probleme im Zusammenhang mit dem Schwinden der Biodiversität kombiniert mit der globalen Erwärmung zumindest in und in der Nähe von Gewässern zu mildern oder zu lösen: der Biber. Dieser unermüdliche Baumeister könnte seine Fähigkeiten im Dienst der Ökosysteme und der Gesellschaft einsetzen, wenn man ihm die Möglichkeit dazu gibt. Dank seiner Bauten und vor allem seiner Dämme wird er auch als *Ökosystem-Ingenieur* bezeichnet. Er verändert die Eigenschaften von Flusssystemen und die damit verbundenen Lebensräume erheblich – und das schon seit Millionen von Jahren (Tedford & Harrington, 2003). Die Wasserflora und -fauna hatte Zeit, sich an diese Dynamik anzupassen, und einige Arten sind sogar von den durch den Biber geschaffenen Lebensräumen abhängig geworden. Ob Dämme, Burgen, Lichtungen, stehende oder umgestürzte tote Bäume: Die verschiedenen vom Biber geschaffenen Strukturen wirken sich positiv auf die Biodiversität aus, und dies sowohl in der Nähe von Stillgewässern (Bashinskiy, 2020) als auch von Fliessgewässern (Brazier et al., 2020; Dalbeck et al., 2014; Dalbeck et al., 2020; Grudzinski et al., 2022; Law et al., 2016; Law et al., 2019; Nummi et al., 2019; Orazi et al. 2022; Sommer et al., 2018).

Biberdämme beeinflussen auch abiotische Faktoren. Sie führen unter anderem zu einem erhöhten Abbau von Schadstoffen, insbesondere von Nitraten (Dewey et al., 2022; Larsen et al., 2021; Puttock et al., 2017), mildern die negativen Auswirkungen von weniger Niederschlag in Kombination mit höheren Temperaturen (Grudzinski et al., 2022) und bewirken eine Verringerung (Dittbrenner et al., 2022) oder umgekehrt eine Erhöhung der Wassertemperatur unterhalb der Dämme (Majerova et al.,

2015). Biberdämme verbessern zudem die Wasserspeicherung im Boden (Dittbrenner et al., 2022; Majerova et al., 2015; Puttock et al., 2017).

Diese zahlreichen Studien unterstreichen den potenziellen Beitrag des Bibers zu einer Revitalisierung der Fliessgewässer, die mit wenig Aufwand verbunden ist («low-tech»), auf der Eigendynamik der Fliessgewässer basiert («process based») und nicht nur den biotischen, sondern auch den abiotischen Zustand verbessert. Allerdings sind diese positiven Auswirkungen häufig auf bestimmte Gebiete beschränkt und gewissen Bedingungen unterworfen. Eine detailliertere Studie im helvetischen Kontext war daher notwendig, um zu bestimmen, wie und in welchem Ausmass der Biber als Instrument zur Förderung der ökologischen Infrastruktur beitragen kann (mehr zur ökologischen Infrastruktur: BAFU, 2012 > Punkt 7.2). Das Schweizer Mittelland zeichnet sich dadurch aus, dass es sowohl intensiver besiedelt ist, als auch intensiver bewirtschaftet wird als die Flächen in den Ländern der oben genannten Studien (z. B. Kanada, USA, Finnland, Schweden). Wie gross die Auswirkungen von Biberaktivitäten sind, kann sich jedoch unterscheiden, je nachdem ob die Biber in noch natürlichen oder stark veränderten Gewässern, einer offenen, landwirtschaftlich genutzten Landschaft oder mitten in einem Wald aktiv sind. Um besser zu verstehen, wie sich die Aktivitäten der Biber in der dicht besiedelten Schweiz auswirken, startete das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Jahr 2020 ein umfassendes Forschungsprojekt. Dabei wurde untersucht, welche Funktionen Biberdämme in der Schweizer Landschaft erfüllen. Ziel des Projekts war es:

- einen Überblick über die potenziellen Auswirkungen des Bibers auf aquatische Ökosysteme in der Schweiz und über Konfliktbereiche zu liefern,
- die Auswirkungen des Bibers aus biologischer Sicht besser zu verstehen,
- einen gezielten Einsatz des Bibers zur Förderung der Artenvielfalt und bestimmter Ökosystemleistungen zu ermöglichen.

Das Projekt befasst sich mit drei Themen – Biber, Biodiversität und Ökosystemleistungen – die jeweils mehrere Module umfassen. Der vorliegende Bericht soll daher zum einen das Potenzial des Bibers zur Entwicklung und Förderung der ökologischen Infrastruktur darlegen und zum anderen aufzeigen, in welchen Bereichen der Biber eine aktive Rolle spielen könnte, um die gesetzten Ziele im Natur- und Artenschutz schneller umzusetzen. Ein besseres Verständnis der Rolle des Bibers als Akteur der Gewässerdynamik und als Förderer der Biodiversität würde es ermöglichen, das Management dort zu optimieren, wo es notwendig ist: Die vielfältigen Vorteile dieser Art könnten so gezielt gefördert und potenzielle Konflikte mit anderen Interessen reduziert werden.

2 Biberbestandeserhebung 2022

- Heute wird die Biberpopulation in der Schweiz und in Liechtenstein auf 4900 Individuen in 1402 Revieren geschätzt.
- Die Biber konzentrieren sich auf das Schweizer Mittelland und die Talböden der grossen Alpentäler.
- Die Besiedlung kleiner und sehr kleiner Bäche setzt sich fort. Fast 40 Prozent der Biber leben in Bächen, die weniger als 5 m breit sind, wo sie vermehrt Dämme bauen.
- Zwei Drittel der Biberreviere sind konfliktfrei.

Nachdem er zu Beginn des 19. Jahrhunderts vollständig ausgerottet war, wurde der Biber zwischen 1956 und 1977 in der Schweiz wieder angesiedelt. Insgesamt wurden im Rahmen dieser Wiederansiedlung 141 Tiere freigelassen. Eine regelmässige Überwachung der Populationen wurde bereits 1978 eingeführt: Damals fand die erste landesweite Zählung statt, bei welcher der Bestand auf 111¹ Tiere geschätzt wurde (Stocker, 1985). Fünfzehn Jahre später, im Jahr 1993, war der Schweizer Biberbestand auf 454¹ Tiere angewachsen (Rahm & Bättig, 1996). Bei der dritten Zählung 2008 lebten etwa 1600 Tiere an Flüssen und Seen (Angst, 2010). Die Population verzeichnete damals also ein exponentielles Wachstum. Deshalb war es wichtig, nach 14 Jahren erneut eine Bestandesaufnahme sowohl der Anzahl Individuen als auch die räumliche Verteilung der Biberreviere vorzunehmen, um das Potenzial dieses grossen Nagetiers zur Förderung der Biodiversität in der Schweiz bestmöglich bewerten zu können. Die vierte Biberzählung, die im Winter 2021/2022 durchgeführt und erstmals auf Lichtenstein ausgeweitet wurde, sollte die folgenden Fragen beantworten:

- Wie viele Biber leben derzeit in der Schweiz?
- Wie besiedeln sie das Land, welche Wasserläufe werden bevorzugt ausgewählt und wo bauen sie Dämme?
- Wie entwickeln sich die Populationen in den verschiedenen Gewässereinzugsgebieten?

Die Biberpopulation wurde auf rund 4900 Individuen geschätzt, die sich auf 1402 Reviere verteilen (1382 in der Schweiz und 20 in Liechtenstein, siehe Abb. 1). 803 Reviere waren von Biberfamilien bewohnt, während in 599 Revieren Einzeltiere oder Paare lebten (alle weiteren Resultate in Angst et al. 2023). Mit dem Inn ist nebst dem Rhone- und dem Rheineinzugsgebiet heute das dritte grosse Gewässereinzugsgebiet der Schweiz besiedelt. Im Kanton Tessin leben nach wie vor keine Biber. Anfang 2024 konnten zwar zwei Biber am Lago Maggiore auf italienischer Seite nachgewiesen werden, doch ist über deren Herkunft nichts bekannt (Mori et al. 2024). Biber besiedeln hauptsächlich Gewässer des Schweizer Mittellands, unterhalb 700 m ü. M. Nur 3 % der Reviere liegen über 700 m ü. M. In Samedan lebt der am höchsten gelegene Biber Europas auf 1700 m ü. M. Seit 2008 hat die Anzahl Reviere jährlich um 8,2 % zugenommen, jene der Populationsgrösse um 8,3 %. Die Reviere sind im Durchschnitt 1,75 km lang. Seit 2008 sind die Reviere deutlich kürzer geworden. Die grösste Populationsdichte erreichen die Biber im unteren Thurtal bei Frauenfeld und entlang der Aare und deren Seitengewässern zwischen Thun und Bern. Zwar nimmt der Bestand in allen Regionen weiter zu, aber in einigen Gebieten, die schon lange besiedelt sind, ist eine Verlangsamung des Wachstums zu beobachten. Dies deutet auf eine Sättigung der freien, verfügbaren Lebensräume hin.

¹ Die im Bericht Angst et al. (2023) für 1978 und 1993 genannten Bestände weichen aus methodischen Gründen leicht von den in den Berichten von Stocker (1985) und Rahm & Bättig (1996) angegebenen Zahlen ab. Für weitere Erläuterungen dazu siehe Angst et al. (2023).

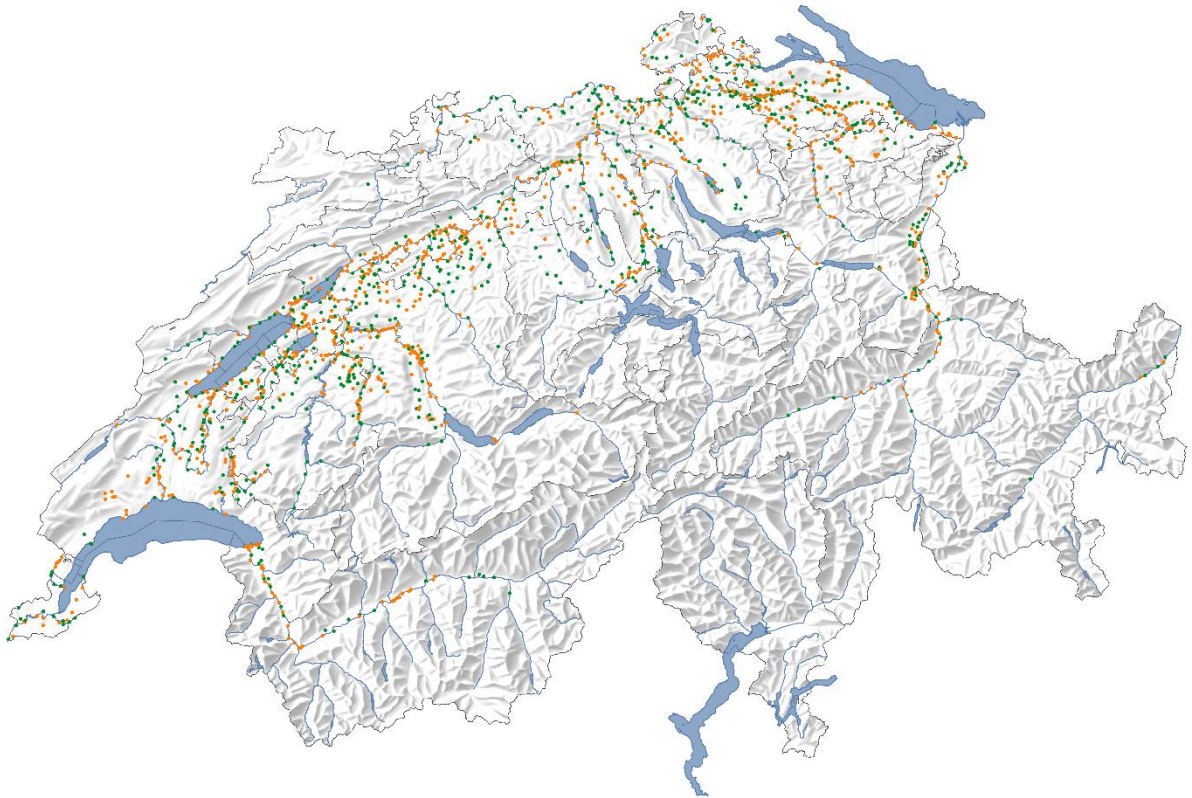


Abb. 1: Verbreitung des Bibers in der Schweiz und in Liechtenstein im Winter 2021/2022. Massgebend ist das Revierzentrum (besetzter Bau oder Zentrum der höchsten Aktivität). Grüne Punkte: Einzel-/Paarreviere; orange Punkte: Familienreviere.

Die Besiedlung kleiner und sehr kleiner Bäche hat sich seit 2008 fortgesetzt. Fast 40 % der Biber leben an Bächen mit einer Breite unter 5 m (Tab. 1). In diesen kleinen Wasserläufen bauen sie immer häufiger Dämme. In fast einem Viertel der Einzelreviere und in 35 Prozent der Familienreviere wurde mindestens ein Damm festgestellt. Bei der Zählung konnten nicht weniger als 1316 Dämme erfasst werden. Die Biberdämme hatten eine Höhe von 0,5 bis 2,5 m mit einer mittleren Dammhöhe von 0,5 m. Familien bauten signifikant mehr Dämme in ihren Revieren als Einzeltiere oder Paare. Im Schnitt werden 2 Dämme pro Revier gebaut (Max=26). 24 % der Familien bauten mindestens 4 Dämme. Die Anzahl Biberreviere mit einem oder mehreren Dämmen ist seit der letzten nationalen Bestandeserhebung 2008 angestiegen und hat sich auch mehr zu Gunsten der Familienreviere verschoben. Dies ist ein weiterer Hinweis auf die zunehmend dauerhafte Besiedlung kleiner Gewässer.

Tab. 1: Vom Biber permanent besiedelte Gewässertypen (nach Delarze et al., 2015) in den Jahren 1978, 1993, 2008 und 2022. Angegeben ist der Anteil der Reviere nach Gewässertyp in Prozent.

Gewässertypen	1978	1993	2008	2022
See > 1 ha	12,5	6,5	10,5	8,7
Weiher < 1 ha	3,1	7,9	8,2	13,5
Stausee	6,3	2,9	1,5	1,1
Breiter Fluss > 70 m	15,6	15,1	18,4	7,7
Grosser Fluss 10–70 m	46,9	39,6	25,7	18,7
Fluss 5–10 m	15,6	14,4	10,5	11,3
Bach 0,5–5 m	0,0	13,7	24,9	38,7
Kleiner Bach < 0,5 m	0,0	0,0	0,2	0,4

Fast 40 Prozent der Biberreviere liegen in Ackerland, 14 Prozent je zur Hälfte in Ackerland und im Wald, 11 Prozent ganz im Wald und 7 Prozent in Wiesland. 6 Prozent der Reviere befinden sich im Siedlungsgebiet. Schweizweit können 28 Prozent der Biberreviere als konfliktträchtig eingestuft werden (Probleme mit Schäden durch Dämme, an der Verkehrsinfrastruktur und an landwirtschaftlichen Kulturen und Wäldern). Die Entschädigungen, die die Kantone und der Bund für solche Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen und Wäldern ausbezahlen, bewegen sich insgesamt zwischen CHF 30 000 und CHF 80 000 pro Jahr. Wichtig ist zu erwähnen, dass die grosse Mehrheit dieser Konflikte (82,8 %) in landwirtschaftlichen Gebieten (Offenland oder Wiesland) auftritt.

3 Wirkung von Biberdämmen auf die Biodiversität

- Biberdämme führen zu grösseren und vielfältigeren Lebensräumen: Die Variabilität der Wassertiefen und der Fliessgeschwindigkeit nimmt zu.
- Die Substrate in den Biberrevieren unterscheiden sich stark von denen in den Kontrollstrecken.
- Vor allem in stark beeinträchtigten Gewässern nimmt die Lebensraumvielfalt stark zu.
- In allen untersuchten Gebieten (16 Reviere) wurden in den vom Biber beeinflussten Abschnitten durchschnittlich 2,6-mal mehr Arten und 5,9-mal mehr Individuen gefunden als in den Kontrollstrecken. Der entscheidende Faktor für diese Wirkung auf die Biodiversität ist die Schaffung neuer Feuchtgebiete.
- Die Zunahme der Artenvielfalt war in Biberrevieren im Wald stärker ausgeprägt als im Offenland. Ebenso war sie in beeinträchtigten Gewässern ausgeprägter als in Biberrevieren an bereits naturnahen Standorten.
- In den Revieren, in denen der Biber sein ganzes Potenzial entfalten kann, finden sich 6,5-mal mehr Arten und 62-mal mehr Individuen als in der Kontrollstrecke.

Aus der Literatur ist bekannt, dass der Biber Gewässer stark verändern kann. Durch das Fällen von Bäumen oder den Bau von Dämmen, in deren Teiche Bäume absterben, kann er Lichtungen inmitten eines Waldes schaffen und so Licht in einen zuvor schattigen Flusslauf bringen. Er kann aber auch ein grosses Feuchtgebiet entstehen lassen, wo der Bach eingetieft oder eingeschnitten² war und der Austausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser nicht mehr funktionierte. Er kann auch die Fliessgeschwindigkeit und die Tiefe des Flussbettes verändern, indem er ruhige und tiefe Wasserzonen schafft.

Dieses Modul will herausfinden, inwieweit Veränderungen der Ökomorphologie eines Baches durch Biberdämme andere Organismen beeinflussen können. Der positive Einfluss der grossen Nagetiere ist zwar unumstritten (siehe Kapitel 1), aber das Ausmass dieses Effekts in verschiedenen Gewässerkonfigurationen und in einem durch intensive Landnutzung geprägten Schweizer Kontext wurde noch nie im Detail erforscht. Das Modul untersucht deshalb den Einfluss des Bibers auf die Vielfalt und die Häufigkeit verschiedener Organismengruppen in Gewässern mit unterschiedlichen ökomorphologischen Merkmalen, die typisch für unsere Landschaft sind.

Insgesamt wurden 16 Reviere im Schweizer Mittelland untersucht. In drei dieser Biberreviere fand zusätzlich die Untersuchung zum Verhalten der Fische an den Biberdämmen statt (siehe Kapitel 4). Die 16 Biberreviere wurden auf der Grundlage der Matrix gemäss Tabelle 2 ausgewählt (je 4 Reviere pro Gruppe; Abb. 2-5). Alle Biberreviere wurden mit einem flussaufwärts oder flussabwärts gelegenen Kontrollabschnitt desselben Gewässers verglichen, der nicht durch den Biber beeinflusst war. Die Kontrollstrecken wiesen zudem in etwa dieselbe Ökomorphologie, denselben Lebensraumtyp und dieselbe Geomorphologie auf, wie sie in den Biberrevieren vor der Ankunft des Bibers vorgelegen haben. Sowohl in den Biberrevieren als auch in den Kontrollstrecken, wurde je eine 100 m lange Strecke beprobt. Wenn mehrere Dämme im Biberrevier vorhanden waren, wurde die Strecke um den

²Der Begriff «eingeschnittene Gewässer» bezeichnet Fliessgewässer, die sich tief in das umgebende Gelände eingegraben haben. Dies führt zu steilen Uferböschungen und einer engen Talform. Solche Gewässer sind oft das Ergebnis natürlicher Erosionsprozesse oder menschlicher Eingriffe, wie Flussbegradigungen oder Uferbefestigungen, die die natürliche Dynamik des Gewässers einschränken.

Hauptdamm³ beprobt. Die 100 m langen Untersuchungsstrecken begannen 25 m unterhalb des Dammes und reichten jeweils über den Damm hinweg bis 75 m in den Biberteich.

Beprobt wurden folgende Arten-Gruppen nach den gängigen standardisierten Methoden: Makrophyten (aquatische Pflanzen), Makrozoobenthos (aquatische Wirbellose), Libellen, Amphibien sowie Fische und Krebse. Die Fische wurden dort, wo dies möglich war, quantitativ beprobt, um neben der Vielfalt auch deren Biomasse zu bestimmen. Für die genauen Methodenbeschreibungen siehe Minnig et al. (2024a).

Tab. 2: Die vier Untersuchungs-Gruppen A-D der Matrix können vereinfacht anhand der folgenden Parameter beschrieben werden.

	Lebensraum	Gewässer	Biberteichdimension	Biberteichausprägung
Gruppe A	im Offenland	eingetieft	klein bis mittel	ausschliesslich in Flie ssrichtung
Beschreibung	<i>Dammreviere in künstlichen, stark eingetieften Gewässern. Aufgrund der Bachökomorphologie (vielfach hart verbaut) begrenzte seitliche Ausprägung, eher kleine Biberteiche. Hochwasser zerstören diese Biberdämme regelmässig (Standdauer ein bis wenige Jahre).</i>			
Gruppe B	im Wald	natürlich	klein bis mittel	mehrheitlich in Flie ssrichtung
Beschreibung	<i>Dammreviere in natürlichen Gewässern. Aufgrund des eher steilen Geländes, seitlich nur begrenzte Ausprägung des Biberteichs. Biberdämme können mehrere Jahre bestehen bleiben.</i>			
Gruppe C	im Offenland	natürlich	mittel bis gross	teils mit seitlicher Vernetzung
Beschreibung	<i>Dammreviere in natürlichen Gewässern. Aufgrund des meist flachen Geländes seitliche Ausprägung des Biberteichs möglich. Biberdämme bleiben vielfach mehrere Jahre bestehen.</i>			
Gruppe D	im Wald	eingetieft und/oder künstlich	mittel bis gross	mit seitlicher Vernetzung
Beschreibung	<i>Dammreviere in beeinträchtigten bis künstlichen Gewässern. Aufgrund des sehr flachen Geländes starke seitliche Ausprägung der Biberteiche. Biberteiche überstauen grosse Flächen (z.T. mehrere ha). Sie bleiben meist lange Zeit bestehen (10-15 Jahre möglich).</i>			

³Der Hauptdamm ist derjenige Damm, der den bewohnten Bau der Biber schützt und der oft auch am intensivsten unterhalten wird.



Abb. 2: Tegelbach (TG), Gruppe A: Gewässer künstlich, eingetieft. Kleine bis mittelgrosse, länglich ausgeprägte Biberteiche im Offenland (Bild: Silvan Minnig).



Abb. 3: Gilebächli (TG), Gruppe B: Gewässer natürlich. Kleine bis mittelgrosse, länglich ausgeprägte Biberteiche im Wald (Bild: Silvan Minnig).



Abb. 4: Rotbach (BE), Gruppe C: Gewässer natürlich. Mittel bis grosse mit dem Umland vernetzte Biberteiche im Offenland (Bild: Silvan Minnig).



Abb. 5: Riedgraben (BE), Gruppe D: Gewässer künstlich, eingetieft. Mittel bis grosse, mit dem Umland vernetzte Biberteiche im Wald (Bild: Silvan Minnig).

Die beiden Untersuchungsjahre 2021 und 2022 waren meteorologisch sehr unterschiedlich. 2021 gab es besonders im ersten Halbjahr zahlreiche mittlere bis grosse Hochwasserereignisse. 2022 war deutlich weniger geprägt durch Hochwasserereignisse, jedoch war dies ein aussergewöhnlicher Hitzesommer. Während der beiden Untersuchungsperioden wurden in 5 untersuchten Biberrevieren sämtliche Dämme durch Hochwasserereignisse zerstört, so dass in der Folge nur noch Dammreste übrigblieben und die Biberteiche kaum oder gar nicht mehr vorhanden waren. In den Auswertungen wurde diese Situation entsprechend berücksichtigt.

Lebensraumvariabilität

Die Biberdämme ändern die Bachmorphologie zum Teil grundlegend: Durch einen Biberdamm wird die Fliessgeschwindigkeit des Baches verlangsamt oder es entstehen sogar Stillwasserlebensräume. Die Variabilität der Fliessgeschwindigkeit und der Wassertiefen ist in den Biberrevieren durch die Wirkung der Dämme höher als in den Kontrollstrecken. Der Biberdamm lässt das Wasservolumen zudem deutlich ansteigen. Tiefe, langsam fliessende bis stehende Stellen fehlen in den Kontrollstrecken weitgehend. Durch den Überlauf des Wassers über den Damm bei Hochwasser entsteht zudem oft ein tiefer Kolk direkt unterhalb des Dammes. Biberdämme vergrössern die verfügbare Wasserfläche auch deutlich. Im Schnitt sind die Wasserflächen in den Biberrevieren 1,9-mal (Median) grösser als in den Kontrollstrecken. Die Dämme halten Substrate zurück, die in den nicht gestauten Kontrollstrecken fehlen. Dazu zählen vor allem Feinsedimente. In den Biberrevieren finden sich folglich auch mehr Wasserpflanzen (Makrophyten) und Sumpfpflanzen (Helophyten). In den Kontrollstrecken sind wiederum mehr Steine und Kies vorhanden (Minnig et al. 2024a). Vor allem in

stark beeinträchtigten Gewässern erhöht sich durch die Biberaktivitäten die Vielfalt der verschiedenen Substrate und Strukturen signifikant (IAM, Vonlanthen et al. 2018).

Lebensraumdynamik

Die IAM-Methode ist eine einmalige, detaillierte Aufnahme der Mikrostrukturen in jedem Untersuchungsabschnitt (Biberrevier und Kontrollstrecke). Die Dynamik, die in einem Bach und im Speziellen in Biberrevieren vorkommt, kann sie somit nicht abbilden. Die IAM-Aufnahme wird zudem bei Niedrigwasser durchgeführt. Die Wassertiefen- und Strömungsvariabilität kann demzufolge periodisch noch viel ausgeprägter sein.

Die Feinsedimente, die durch den Biberdamm zurückgehalten werden, sind vor allem in den Revieren der Gruppe A, B und C ein zeitlich begrenztes Phänomen. Durch die regelmässige Zerstörung der Dämme durch Hochwasserereignisse, bei denen nicht selten eine Bresche in Dämme gerissen wird oder diese ganz brechen, gleichen sich die Unterschiede der Sedimentstrukturen zwischen den Biberrevieren und den Kontrollstrecken immer wieder an.

Lebensraumvariabilität und Pflanzengesellschaften

Durch die veränderten Strömungsverhältnisse, das grössere Wasservolumen und variable Substrattypen können sich Wasser- und Sumpfpflanzen im Biberrevier einfacher ansiedeln. Anhand einer Kennartenanalyse konnten in den Untersuchungsstrecken der Biberreviere sechs verschiedene Lebensraumtypen nach Delarze et al. (2015) identifiziert werden, vier davon wurden auch in den Kontrollstrecken gefunden. In den meisten Biberrevieren konnte der Typ Bachröhricht (Glycero-Sparganium, n=14) beschrieben werden, gefolgt vom Grossegegnried (Magnocaricion, n=6) und dem Flusssufer- und Landröhricht (Phalaridion, n=2).

In den Biberrevieren mit besonders grossen Rückstaufächen konnten zum Teil gleich mehrere Lebensraumtypen identifiziert werden, so auch Wasserlinsengesellschaften (Lemnion). Im Vergleich dazu wiesen nur fünf Kontrollstrecken gerade mal einen dieser Lebensraumtypen auf. Biberdämme bringen somit Strukturen und Lebensraumtypen in Bachabschnitte, die in den Kontrollstrecken fehlen, und beeinflussen so die Variabilität der Pflanzengesellschaften. Kommt es zu einem Dammbruch, so gleichen sich die Strukturen in den Biberrevieren jenen der Kontrollstrecken in ihren Eigenschaften zwar wieder an, doch bleiben sie dennoch vielfältiger. Die Unterschiede in den Lebensraumtypen bleiben also auch nach einem Bruch des Biberdamms bestehen.

Einfluss von Biberseen auf die Wassertemperatur

Die Temperaturmessungen gaben kein eindeutiges Bild: In sieben von sechzehn untersuchten Biberrevieren zeigte sich eine kleine bis mittlere Temperaturzunahme unterhalb des Biberdamms. Dieser positive Gradient konnte zu jeder Tages- und Jahreszeit gemessen werden. Demgegenüber ist der Temperaturverlauf in Fliessrichtung insbesondere in kleineren Fliessgewässern auffallend. In acht von sechzehn Studienrevieren wurde in Fliessrichtung eine Abkühlung festgestellt. Die maximale mittlere Temperaturdifferenz über alle Studienreviere lag zwischen +1,9 °C und -1,9 °C. Dort wo das Wasser im Bibersee am stärksten erwärmt wurde (+2,1 °C), lag die Temperaturdifferenz zwischen oberhalb und unterhalb des Biberdamms bei -1 °C. Trotz der deutlichen Erwärmung des Wassers im Bibersee kam es über die ganze Studienstrecke gesehen insgesamt zu einer Abnahme der Wassertemperatur um ein Grad Celsius. Dies kann auf einen Austausch des Bachwassers vom Bibersee über das Grundwasser zurück in den Bach, hindeuten, wo es kühler wieder austritt. Dieser Effekt ist bekannt aus der Literatur (hyporheischer Austausch), scheint jedoch stark standortspezifisch zu wirken und wurde in dieser Studie nicht untersucht.

Einfluss auf die Artenvielfalt (Diversität) und Individuenzahl (Abundanz)

Alle Gruppen, die innerhalb eines Biberreviers bewertet wurden, zeigten einen Anstieg sowohl der Artenzahl als auch der Abundanz im Vergleich zur Kontrollstrecke (Abb. 6): In den 16 Studienrevieren konnten innerhalb der untersuchten Artengruppen 100 verschiedene Arten mit total 51846 Nachweisen gefunden werden. 99 Arten kamen in den Biberrevieren, 57 in den Kontrollstrecken vor. In den Biberrevieren wurden 43966 Individuen (84,8 %) gezählt, in den Kontrollstrecken 7880

Individuen (15,2 %). Der Makrozoobenthos wurde im Rahmen der Gesamtanalyse nicht verwendet, weil die Erhebung einerseits anders erfolgte als bei den anderen Gruppen (Punktaufnahmen) und andererseits, weil die Gruppe nur auf Familienniveau bestimmt wurde (siehe Unterkapitel Makrozoobenthos unten). Die Zahlen sind somit nicht direkt vergleichbar mit denen der anderen Gruppen (Bestimmung auf Artniveau). Betrachtet man alle 16 Biberreviere, so findet man 2,6-mal mehr Arten und 5,9-mal mehr Individuen als in den Kontrollstrecken.

Die nach Gruppe A, B, C oder D aufgegliederten Details sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Reviere der Gruppe D (im Wald mit künstlichen Bächen) profitieren sehr stark von der Anwesenheit des Bibers (Abb. 7). Dieser Effekt ist umso stärker, je mehr Wasser angrenzende Flächen überflutet, wodurch Land- und Wasserökosysteme besser miteinander vernetzt werden. Es ist wichtig festzuhalten, dass die Reviere der Gruppe D in den Kontrollstrecken allgemein eher wenige Arten aufwiesen. Eine Erhöhung der Artenvielfalt in der Gruppe A um den Faktor 1,7 scheint im Vergleich zu den anderen drei Gruppen daher gering (Tabelle 3).

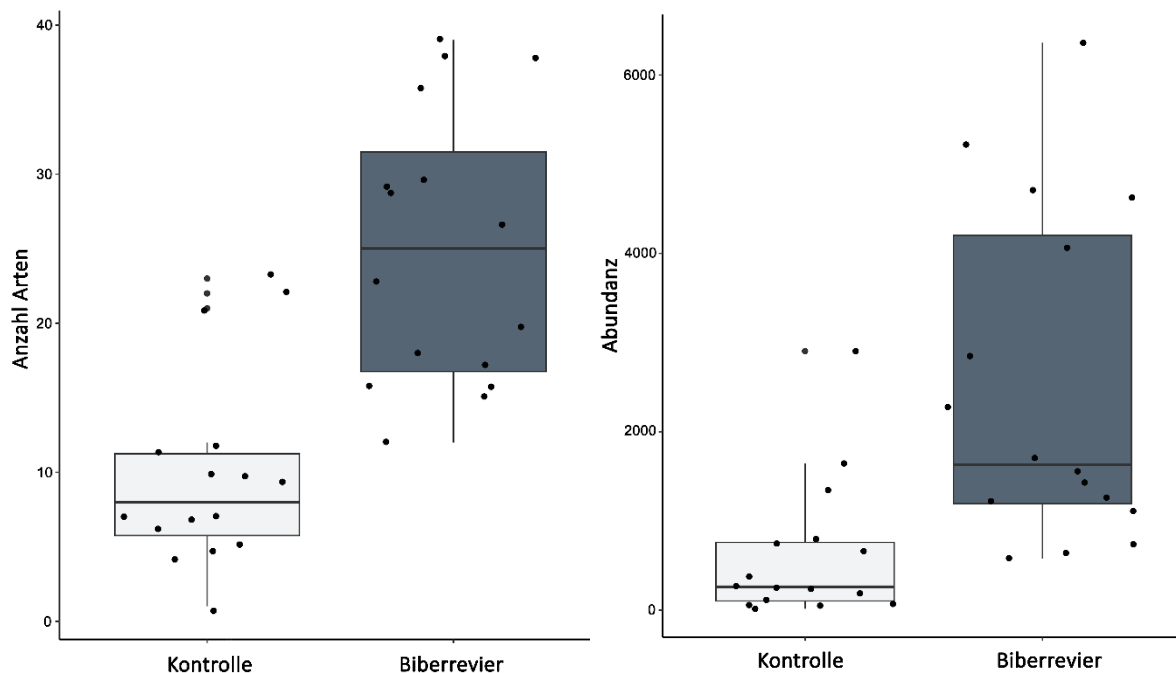


Abb. 6: Unterschied der Artenzahl (links) und der Abundanz (Individuenzahl; rechts) zwischen Biberrevieren und Kontrollstrecken in den 16 Untersuchungsgebieten.

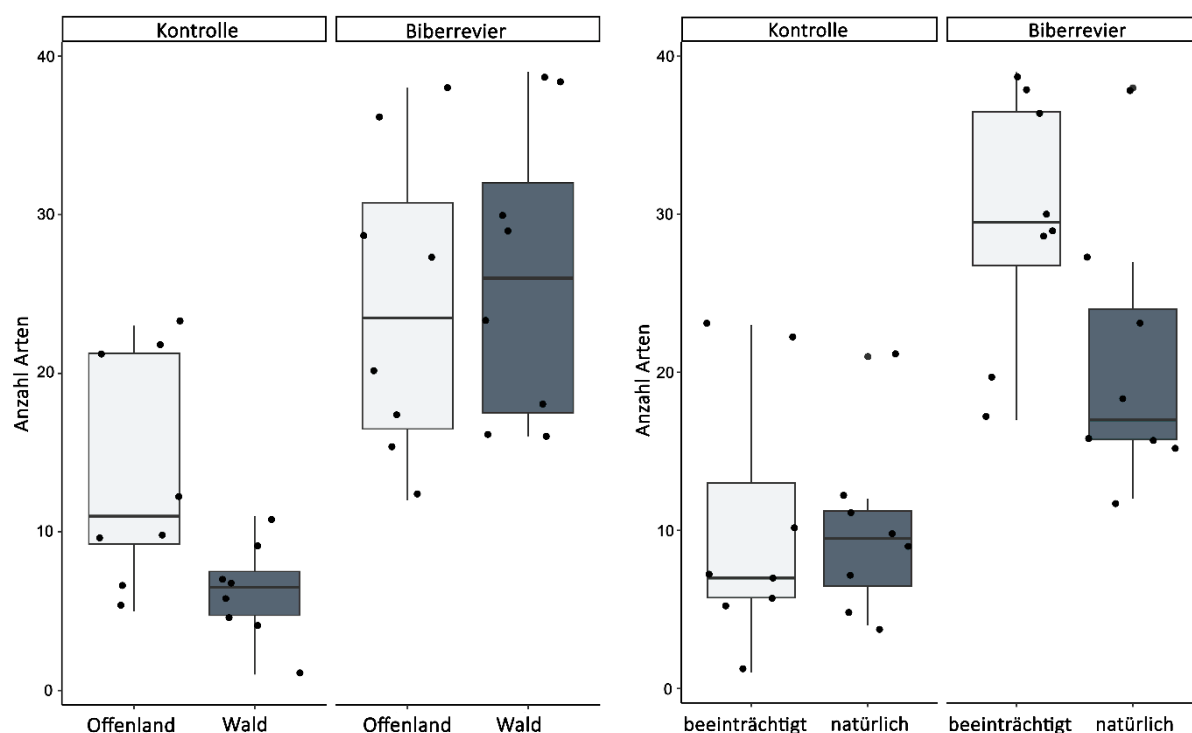


Abb. 7: Unterschied der Artenzahl zwischen Offenland und Wald (links) und der Artenzahl zwischen beeinträchtigten und naturnahen Gewässern (rechts).

Betrachtet man nur die 11 Reviere, in denen die Dämme während der gesamten Untersuchungsperiode erhalten blieben (in 5 Revieren gingen sie bei Hochwasserereignissen 2021 verloren), so zeigt sich, dass sich die Anzahl der Arten mehr als verdreifacht und die Abundanz in den von den Dämmen beeinflussten Gewässerabschnitten im Vergleich zu den Kontrollstrecken um das 13,7-Fache erhöht hat. Auch in den 5 Revieren, in denen die Biberdämme durch Hochwasser zerstört worden sind, konnten noch mehr Arten gefunden werden als in den Kontrollstrecken. Die Individuenzahl in diesen Revieren war jedoch praktisch gleich wie in den Kontrollstrecken (Tabelle 3).

Tab. 3: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse für Artenzahl und Abundanz. Jedes Biberrevier wurde mit einer Kontrollstrecke an demselben Bach verglichen. Die Ergebnisse für alle Reviere werden zunächst global dargestellt und dann nach den vier Gruppen aufgegliedert. * = signifikanter Unterschied.

Reviere vs. Kontrollstrecken	Gruppe	Anzahl Arten	Abundanz
16 Reviere vs. Kontrollstrecken		x 2,6***	x 5,9***
	Gruppe A	x 1,7*	x 2,0*
	Gruppe B	x 2,2	x 7,3
	Gruppe C	x 2,0	x 1,9
	Gruppe D	x 6,5***	x 62,1***
11 Reviere mit funktionstüchtigen Dämmen vs. Kontrollstrecken		x 3,1**	x 13,7**
5 Reviere ohne Biberdämme vs. Kontrollstrecken		x 1,7**	x 1,4



Abb. 9: Grasfroschlaich am Rotbach (BE). Durch den Biberdamm und die veränderten Strömungsverhältnisse sind im Bachlauf unterhalb des Biberdamms kleine Tümpel entstanden, in denen Amphibien laichen können (Bild: Christof Angst).

Fische

Insgesamt konnten 18 Fisch- oder Krebsarten gefunden werden. Der als gefährdet (VU) eingestufte Edelkrebs (*Astacus astacus*) konnte nur in zwei Biberrevieren beobachtet werden. In den Biberrevieren gibt es signifikant mehr Arten als in den Kontrollstrecken. Die atlantische Forelle (*Salmo trutta*) ist die Art, die am häufigsten beobachtet wurde. Sowohl die Grösse als auch das Gewicht der Individuen wurden durch die Biberrevierlebensräume positiv beeinflusst: Der Median der Biomasse der Fische in den Biberrevieren war doppelt so gross wie in den Kontrollstrecken (60,8 kg vs. 29 kg; Tab. 5 und Abb. 10). Dieses Mass korreliert mit dem Median der Länge der Forellen. In den Revierstrecken waren sie länger (178,5 mm) als in den Kontrollstrecken (142 mm). In den Revieren gab es auch mehr Forellen als in den Kontrollstrecken (55 vs. 41 Individuen), der Effekt war jedoch nicht signifikant.

Das Untersuchungsgebiet Gilebächli (TG), ein direkt in die Thur mündender kleiner Seitenbach in der Thuraue, wies einen aussergewöhnlich hohen Fischreichtum auf (+ 528 % im Vergleich zu den anderen Abschnitten). Dabei ist dieser Damm und der bachaufwärts gelegene Biberteich der kleinste, der im Rahmen dieser Studie erfasst wurde. Im Abschnitt dieses Biberreviers wurden fünf Arten nachgewiesen, wobei die Elritze (*Phoxinus phoxinus*) mit 3964 Individuen (96,7 %) am häufigsten vorkam. Dies unterstreicht die wichtige Funktion kleiner Dämme an der Mündung grosser Flüsse: Junge Fische können sich im Biberteich in Schwärmen und vor Raubtieren geschützt aufhalten, bevor sie in den Fluss zurückkehren. Solche Biberteiche können auch dazu beitragen, die Verdriftung von Jungfischen durch wiederholte Überschwemmungen der grossen Flüsse zu vermindern.

Tab. 5: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse für Forellen

	Biberrevier	Kontrollstrecke
Mediane Biomasse der Forellen [kg]	60,8	29
Mediane Länge der Forellen [mm]	178,5	142
Mediane Anzahl Individuen	55	41

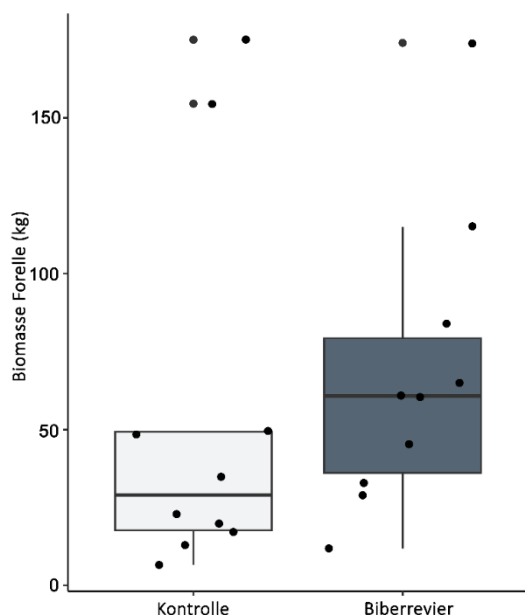


Abb. 10: Die Biomasse der Forellen (in kg) ist in den Biberrevieren grösser als in den Kontrollstrecken.

Die Fischgemeinschaft nimmt vor allem in stark beeinträchtigten Fließgewässern aufgrund von Biberaktivitäten zu. In den wenig beeinträchtigten oder naturnahen Gewässern profitieren vor allem die grossen und älteren Fische von den Biberseen mit ihren tieferen, kolkähnlichen Lebensräumen.

Libellen

Libellen reagieren stark auf die Lebensraumveränderungen durch Biberdämme: Von den 30 Arten in den Biberrevieren konnte nur die Hälfte (16 Arten; Tab. 6) in den Kontrollstrecken gefunden werden. Auch die Abundanz der Libellen reagiert positiv auf das Vorhandensein von Dämmen: Während in den Biberrevieren 2847 Individuen registriert wurden, waren es in den Kontrollstrecken nur 860. Der Effekt auf die Gruppe der Libellen ist grösstenteils auf die Vielfalt der Makrophyten (siehe oben) sowie auf die Öffnung des Kronendachs in Wäldern durch die Abholzung und/oder Flutung ganzer Waldstücke durch den Biber zurückzuführen. Es ist bekannt, dass die Vielfalt der Libellen in Tümpeln immer grösser ist als in Fließgewässern. Daher überrascht es nicht, dass Tümpel bewohnende Libellen mehr von den Biberseen profitieren als jene, die in Fließgewässern leben. 36 Prozent der Libellenarten in der Schweiz gelten als gefährdet (Monnerat et al., 2021). In den Biberrevieren konnte aber nur eine Rote-Liste-Art gefunden werden (*Erythronia lindenii*).

Tab. 6: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse für Libellen.

	Biberrevier	Kontrollstrecke
Anzahl Arten	30	16
Anzahl der beobachteten Individuen	2847	860

Makrozoobenthos

Die Makrozoobenthos-Gemeinschaft war in allen Untersuchungsabschnitten die Gruppe, die am neutralsten reagierte. Es konnte kein eindeutiger Trend aufgrund der Biberdämme festgestellt werden. Die Resultate werden stark durch die Zerstörung der Biberdämme durch die verschiedenen Hochwasser beeinflusst. In den vier Untersuchungsgebieten der Gruppe D im Wald war die Veränderung am grössten: Dort konnten signifikant mehr Taxa in den Biberrevieren gefunden werden als in den Kontrollstrecken. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Gruppe bis anhin nur auf Familienebene bestimmt wurde. Eine Identifizierung der gesammelten Individuen auf Artniveau ist im Gange und wird einen vertieften Einblick auf die Artenvielfalt und Abundanz dieser Artengruppe erlauben.

Diversität der Biberreviere

Zu den 8 vielfältigsten Biberrevierstrecken liegen 5 im Offenland und 3 im Wald. Davon sind 5 in beeinträchtigten und 3 in naturnahen Bachabschnitten. In zwei Biberrevieren waren keine Dämme mehr vorhanden, sie wurden während eines Hochwasserereignisses zerstört. Trotzdem wiesen diese beiden Standorte eine hohe Diversität auf, was die Wichtigkeit der verbliebenen Strukturen im Biberrevier unterstreicht.

4 Verhalten von Fischen an Biberdämmen

- Biberdämme können von Fischen überwunden werden, und zwar von allen untersuchten Arten (atlantische Forelle, Alet, Groppe).
- Die Fähigkeit der Fische, Biberdämme zu überwinden, korreliert stark mit erhöhtem Abfluss nach Niederschlagsereignissen (Hochwasserereignis). Dadurch wird der Unterschied des Wasserstands oberhalb und unterhalb des Dammes vermehrt ausgeglichen, der Damm wird überspült, was die Passage erleichtert.
- Die ökomorphologischen Eigenschaften des Gewässers sind ebenfalls ausschlaggebend für eine erfolgreiche Passage: Je mehr das Gewässer mit dem Gewässerraum vernetzt ist, desto höher ist der Anteil der Fische, die den Biberdamm erfolgreich überwinden.
- Es konnte eine Längenselektivität bei Forellen und Alet festgestellt werden. Unter einer bestimmten Länge schaffen es einige Fische auch bei Hochwasserereignissen nicht über einen Biberdamm. Diese Längenselektivität ist abhängig von den Gerinne-Eigenschaften sowie der Biberdammhöhe.

Natürliche Gewässersysteme sind heute besonders im Mittelland selten geworden (BAFU, 2022a). Zu den Ursachen gehören unter anderem die rund 100 000 künstlichen Hindernisse in den Flüssen. Diese haben auf Fische einen negativen Einfluss, da sie ihre Wanderung beeinträchtigen (BAFU, 2022b). Aber nicht nur künstliche Hindernisse und Schwellen üben einen starken Druck auf den Lebensraum der Fischfauna aus: Kanalisierung von Gewässern, der Verlust von Strukturen⁴, Gewässerverunreinigung, Wasserentnahme, Anstieg der Wassertemperaturen aufgrund der Klimaerwärmung – all diese und weitere Faktoren beeinträchtigen die Gesundheit der einheimischen Wasserfauna (BAFU, 2022b). So erstaunt es nicht, dass heute fast 65 Prozent der einheimischen Fischarten als ausgestorben oder bedroht gelten (BAFU, 2022b).

Biber und Fische teilen sich seit Millionen von Jahren Bäche und Flüsse. Bauten des Bibers waren also immer Teil des Lebensraums der Fische. Biberdämme können verschiedene Auswirkungen auf die aquatische Fauna haben, sowohl positive als auch negative (abhängig z. B. von den betroffenen Arten, den hydrologischen oder auch topographischen Bedingungen des Ortes; Rosell et al., 2005). In einem natürlichen und dynamischen hydrologischen Netzwerk behindern sie die Fischwanderung nicht generell (z. B. Kemp et al., 2012; Taylor et al., 2010; Wolf et al., 2022). In gewissen Situationen kann es zeitweise vorkommen, dass die Passage von Fischen durch Biberdämme verhindert wird und sich Sedimente in den Laichgebieten ablagern (z. B. Collin & Gibson, 2001; Cutting et al., 2018; Lokteff et al., 2013).

In künstlichen, kanalisierten Gewässern stehen Biberdämme immer wieder im Verdacht, eine Barriere für Fische darzustellen. Ziel dieses Moduls ist es daher, den Einfluss von Biberdämmen auf die Fischfauna zu untersuchen und den Grad der Passierbarkeit dieser Dämme in einem schweizerischen Kontext zu beurteilen, also in oft relativ künstlichen Wasserläufen. Bei Hitzewellen wurde auch festgestellt, dass die durch Biberdämme geschaffenen Teiche einen Wasserkörper bewahren, der ausreicht, um die Fischfauna in fast ausgetrockneten Bächen zu erhalten (White & Rahel, 2008). Einige Autoren gehen daher davon aus, dass Biberteiche während Hitzewellen von verschiedenen Fischarten als Rückzugsort genutzt werden (Dittbrenner et al., 2022; Hägglund & Sjöberg, 1999). Diese Hypothese wird auch in der vorliegenden Studie getestet.

⁴ Unter dem Begriff «Strukturen» versteht man Nischen, Ritzen, Winkel und andere Verstecke, die aus totem Holz, Steinen, oberflächlichen Wurzeln am Ufer usw. bestehen. Das Vorhandensein von Strukturen in Wasserläufen ist wichtig, da sie Schutz vor Räubern, Substrate für die Eiablage oder auch Oberflächen zum Festhalten bieten.

Für diese Untersuchung wurden drei typische Bäche des Schweizer Mittellandes ausgewählt, die von mindestens einem Biberdamm gestaut werden. Die Untersuchungsabschnitte weisen einen Gradienten ökomorphologischer Merkmale auf, der vom stark eingeschnittenen und kanalisiertem Gerinne des Tegelbachs (TG) (im Folgenden «eingeschnitten»; Abb. 11) über die Situation des Schwarzbachs (ZH) mit einem einseitig offenen Gerinne, das seitlich gut an den Auenwald angebunden ist (im Folgenden «angebunden»; Abb. 13), bis hin zur Zwischensituation des Chriesbachs (ZH) reicht, der ein eingeschnittenes Gerinne aufweist. Der Chriesbach tritt aber gelegentlich über die Ufer und überflutet diese (siehe unten; Abb. 12).

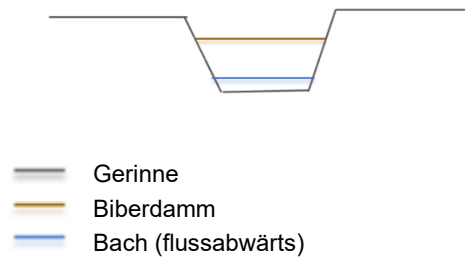


Abb. 11: Biberdamm am Tegelbach (TG). Der betroffene Abschnitt ist eingeschnitten, der Biberteich kann sich nur im Gerinne ausdehnen (Bild: Thomas Kreienbühl).

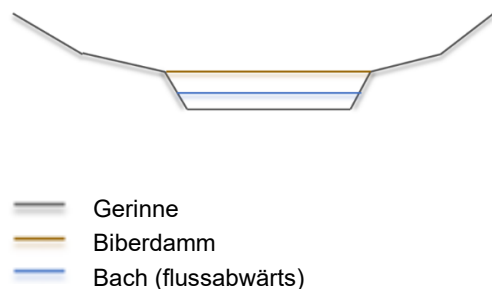


Abb. 12: Biberdamm am Chriesbach (ZH). Der betroffene Abschnitt ist ebenfalls eingeschnitten: Das Wasser kann sich nicht vollständig über die Schwemmebene ausbreiten. Die abgeflachten Ufer können aber bei kleineren Hochwassern trotzdem überströmt werden (Bild: Silvan Minnig).

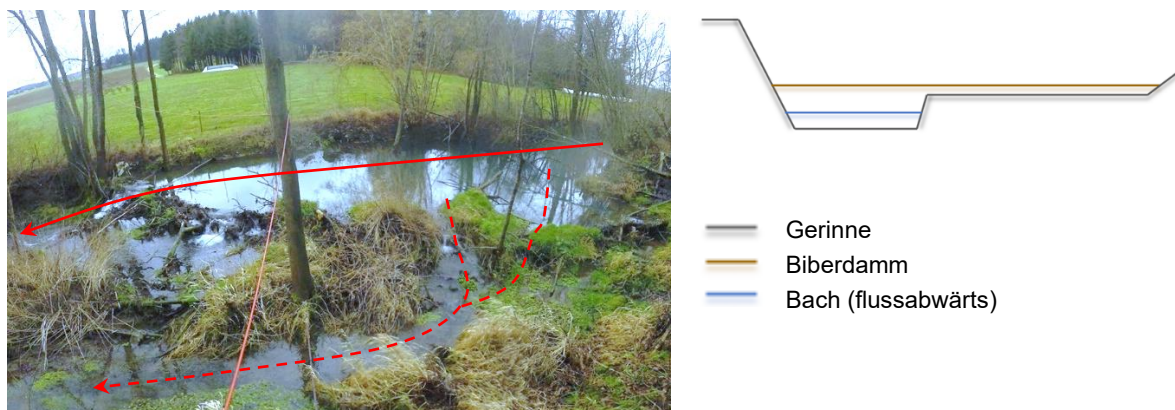


Abb. 13: Biberdamm am Schwarzbach (ZH). Der betroffene Abschnitt ist an den Auenwald angebunden und das Wasser kann sich dort ausbreiten. Rote Linie: das ursprüngliche Gerinne. Gestrichelte Linie: Seitenkanal. Das im Vordergrund vorhandene Wasser wird durch den Biberdamm über die Schwemmebene umgeleitet (Bild: Silvan Minnig).

Die Fische wurden mit PIT-Tags markiert, um ihre Bewegungen zwischen zwei Doppelantennen auf beiden Seiten des Damms verfolgen zu können. Durch diese beiden Doppelantennen kann die Schwimmrichtung des markierten Fisches bestimmt werden. Es wurden drei Untersuchungs-Gruppen gebildet: eine Kontrollgruppe oberhalb, eine Kontrollgruppe unterhalb sowie eine Gruppe Translokation (Abb. 14). Alle Individuen, die zu dieser letzten Gruppe gehörten, wurden oberhalb der Biberdämme gefangen und unterhalb der Dämme wieder freigelassen. Mit dieser Versuchsanordnung wird das Homingverhalten der Fische genutzt, also das Bestreben, das eigene Revier wieder aufzusuchen (Halvorsen and Stabell, 1990; Höjesjö et al., 2007). Innerhalb dieser Gruppe wurden drei Fischtypen unterschieden: «Aufsteiger» wurden von beiden Doppelantennen erfasst und überquerten den Biberdamm somit erfolgreich; «Anschwimmer» wurden nur von der Doppelantenne unterhalb des Biberdamms erfasst, passierten den Damm also nicht; und schliesslich wurden «Andere» von keiner Antenne erfasst⁵; diese Fische versuchten also nicht, nach dem Freilassen bachaufwärts zu schwimmen (Abb. 14).

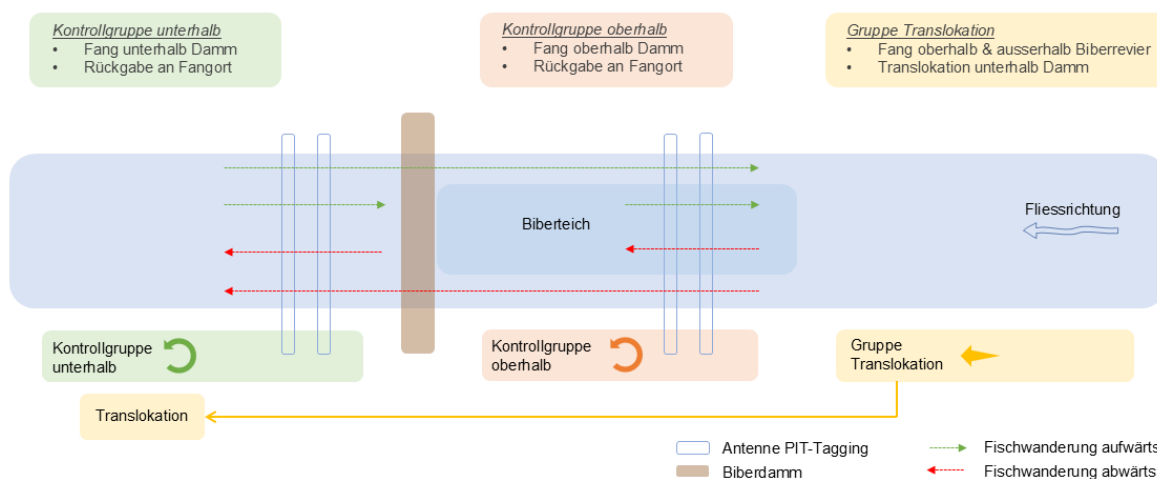


Abb. 14: Schematische Darstellung des Experiments. Die Fische der Gruppe Translokation (TR), die unterhalb des Biberdamms freigesetzt wurde, liessen sich in drei Kategorien einteilen: «Aufsteiger», die den Damm überquerten; «Anschwimmer», die sich dem Damm näherten, ohne ihn aber zu überqueren; und «Andere», die sich nicht bachaufwärts bewegten.

⁵ Diese Nichterfassung kann drei Ursachen haben: 1) Der Fisch wollte tatsächlich nicht bachaufwärts schwimmen; 2) er wurde von einem anderen Fisch oder Vogel gefressen; 3) er ist an den Folgen der Markierung gestorben. Letztere Hypothese ist die unwahrscheinlichste: In einem Versuch vor dieser Studie starb innerhalb von 48 Stunden nach dem PIT-Tagging kein Fisch aufgrund dieser Markierung.

Im Rahmen der Untersuchung wurden auch Messungen der Wassertemperatur vorgenommen. In diesem Modul wurde nur die Temperatur des eingeschnittenen (Tegelbach) und des angebundenen (Schwarzbach) Baches analysiert. Weil in der Nähe des Biberdamms im intermediären System (Chriesbach) ein Zufluss vorhanden ist, können keine repräsentativen Daten für den mit dem Biberteich verbundenen Kühleffekt ermittelt werden. Die Wassertemperatur in Biberteichen wurde mit Datenloggern gemessen, die auf dem Teichgrund platziert wurden. Es wurde eine Messperiode während einer Hitzewelle sowie eine gleich lange Kontrollperiode festgelegt. Auch oberhalb und unterhalb des Biberteichs wurden Temperaturwerte aufgezeichnet. Weitere Details zur Methode finden Sie in Kreienbühl et al. (2024).

Passierbarkeit der Dämme

Unabhängig von der Art des Untersuchungsabschnitts (eingeschnitten, intermediär oder angebunden) schaffte es ein Teil der Fische der Gruppe Translokation, den Biberdamm zu passieren. Zwar war die Zahl der Aufstiege im Sommer (und während erhöhtem Abfluss) am höchsten. Es wurden aber Passagen während des ganzen Jahres nachgewiesen. Im Vergleich zu den anderen untersuchten Abschnitten wird der Biberdamm des Schwarzbachs (angebunden) bei normaler Wasserführung und trockenen Bedingungen am häufigsten von Forellen überwunden.

In dem am stärksten eingeschnittenen System am Tegelbach, das fast ausschliesslich von atlantischen Forellen (*Salmo trutta s.l.*) besiedelt ist, konnten nur Forellen gefangen und markiert werden. Mehr als 20 Prozent aller Forellen, die unterhalb des Biberdamms wieder freigesetzt wurden, schafften es, diesen zu überwinden. Betrachtet man nur diejenigen Individuen, deren Verhalten darauf schliessen liess, dass sie aktiv flussaufwärts wandern wollten (Gruppen der «Anschwimmer» und «Aufsteiger»), dann steigt dieser Anteil auf 30 Prozent (Tab. 7).

Auch im angebundenen System am Schwarzbach, das überwiegend von Forellen besiedelt ist, gibt es nur Daten zu dieser Art. Hier lagen die Prozentsätze höher: 53,8 Prozent aller Fische überquerten den Damm. Betrachtet man nur die Forellen, die die erste Doppelantenne aktiviert hatten, so lag dieser Anteil bei 75,7 Prozent (Tab. 7).

Der intermediäre Abschnitt am Chriesbach wies ein breiteres Spektrum an Arten auf: Neben der atlantischen Forelle konnten auch der Alet (*Squalius cephalus*) und die Groppe (*Cottus gobio*) markiert werden. Die Anteile der Passagen lagen zwischen 29,6 und 33,9 Prozent, wenn man die Gesamtheit aller markierten Fische betrachtet, und erreichten sogar bis zu 45,3 Prozent (Alet), wenn man nur die Individuen aus den Gruppen der «Schwimmer» und «Aufsteiger» berücksichtigt. Detaillierte Zahlen dazu sind in Tabelle 7 zu finden.

Tab. 7: Ergebnisse der PIT-Tagging-Studie nach Typ des untersuchten Abschnitts und Fischart. Die Spalte «Total markiert (TM)» bezieht sich auf die Gesamtzahl der markierten Fische, die zur Gruppe Translokation gehören. Die Spalte «Anschwimmer» bezieht sich auf die Fische der Gruppe Translokation, die aktiv zum Biberdamm geschwommen sind, ohne ihn aber zu überqueren, und die Spalte «Aufsteiger» auf die Fische der Gruppe Translokation, die es geschafft haben, den Damm zu überwinden.

Gewässer	Typ des Abschnitts	Art	Total markiert (TM)	Anschwimmer		Aufsteiger		
				Anzahl (n)	% TM	Anzahl (n)	% TM	% Schwimmer
Tegelbach	eingeschnitten	<i>Salmo trutta</i>	217	150	69,1 %	45	20,7 %	30,0 %
Chriesbach	intermediär	<i>Salmo trutta</i>	124	112	90,3 %	42	33,9 %	37,5 %
		<i>Squalius cephalus</i>	76	53	69,7 %	24	31,6 %	45,3 %
		<i>Cottus gobio</i>	27	23	81,2 %	8	29,6 %	34,8 %
Schwarzbach	angebunden	<i>Salmo trutta</i>	249	177	71,1 %	134	53,8 %	75,7 %

Je flacher das betroffene Gerinne ist und je besser es an die Aue angebunden ist, desto höher ist der Anteil der «Aufsteiger». Er steigt von 30 Prozent im eingeschnittenen Abschnitt am Tegelbach auf über 75 Prozent im angebundenen Gerinne am Schwarzbach. Selbst Groppen, deren Schwimmfähigkeit begrenzt ist (BUWAL, 2004), schaffen es, den Biberdamm des intermediären Gerinnes am Chriesbach zu überwinden. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass diese eine Tendenz zur Wanderung zeigen, wenn sie sich in einer Translokationssituation befinden, wie sie im Rahmen dieser Studie geschaffen wurde.

Die Mehrheit der Aufstiege (alle Arten) findet während einem erhöhten Abfluss nach Niederschlagsereignissen statt, unabhängig von der Jahreszeit (Abb. 15). Während solchen Ereignissen ist der Unterschied des Wasserstands oberhalb und unterhalb des Biberdamms verringert, die Pegel gleichen sich an und Wasser fliesst über den Damm, was die Passage erleichtert (Abb. 16 und 17). Dieses Wanderverhalten ist seit langem und für viele Fischarten bekannt (Jonsson, 1991; Taylor & Cooke, 2012). Im Rahmen dieser Studie wurden aber auch vereinzelte Überwindungen der Biberdämme ausserhalb von erhöhtem Abfluss beobachtet, überwiegend im angebundenen und im intermediären System.

Die Wetterbedingungen haben einen grossen Einfluss auf die Aufstiegsrate der Fische: Im trockenen Sommer 2022, wurden die Biberdämme viel weniger häufig passiert als im regenreichen Jahr 2021 (Prozentsatz der Aufstiege am Tegelbach: 41,2 % 2021 vs. 16,4 % 2022; am Schwarzbach: 81,1 % 2021 vs. 68,8 % 2022). Dieser Zusammenhang wurde bereits in anderen Studien beobachtet (z. B. Lokteff et al., 2013; Taylor et al., 2010). Selbst in einem trockenen Jahr blieben die Prozentsätze der Aufstiege im seitlich gut angebundenen Abschnitt aber deutlich höher (68,8 %), während sie im eingeschnittenen Abschnitt drastisch reduziert waren (16,4 %).

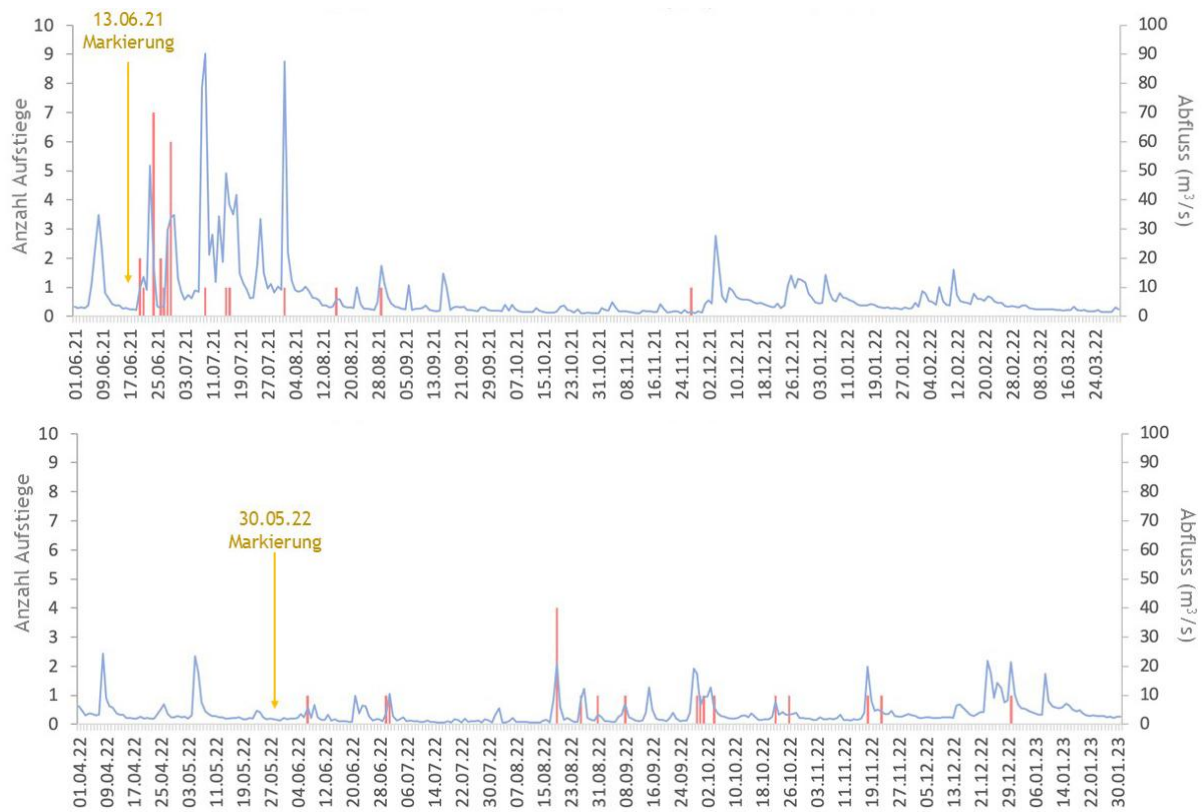


Abb. 15: Anzahl der Forellenaufstiege pro Tag (rote Balken) durch die «Aufsteiger» im Tegelbach. Die blaue Kurve veranschaulicht den maximalen Abfluss (Tagesmaximum, Messstation Murg, Frauenfeld, in 3,5 km Entfernung). Die linke y-Achse zeigt die Anzahl Aufstiege pro Tag, die rechte y-Achse den Abfluss der Murg (m³/s).



Abb. 16: Biberdamm am Tegelbach bei Niedrigwasserabfluss am 07.07.2021 mit einem Pegelunterschied von 1,2 m. Aufnahme mit einem 149°-Ultraweitwinkelobjektiv (Entfernungen und Proportionen täuschen; Bild: Silvan Minnig).



Abb. 17: Biberdamm am Tegelbach während einem starken Hochwasser am 08.07.2021 mit einem minimalen Pegelunterschied. Aufnahme mit einem 149°-Ultraweitwinkelobjektiv (Entfernungen und Proportionen täuschen; Bild: Silvan Minnig).

Die Grösse der Fische scheint bei der Groppe keinen Einfluss auf den Erfolg beim Überwinden des Biberdamms zu haben. Forellen mit einer Länge von weniger als 15 cm haben aber offenbar im Abschnitt am Schwarzbach, der gut an die Aue angebunden ist, eine geringere Erfolgsrate als grössere Individuen. Diese Mindestlänge nimmt mit dem Einschnitt des Flusses zu und erreicht 20 cm im intermediären und 22,5 cm im eingeschnittenen System. Auch der Alet unterliegt dieser Längenselektivität. Bis zu einer Länge von 17,5 cm sind Fischaufstiege eher selten und liegen meist unter dem Durchschnittswert. Erst ab 22,5 cm wächst die Aufstiegsrate auf deutlich über 50 Prozent. Diese Betrachtung bestätigt die Feststellung, dass die Passierbarkeit von Biberdämmen für Fische auch von den Eigenschaften des Gerinnes abhängt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Biberdämme für die Fischfauna überwindbar sind. Diese temporären Hindernisse können je nach Abflussmenge und Ökomorphologie des Fliessgewässers unterschiedlich gut überwunden werden. In Situationen wie den untersuchten droht weder eine biberdammbedingte genetische Isolation von Populationen, noch sind damit korrelierende, negative Auswirkungen zu befürchten (Ruzich et al., 2019; Esguícero & Arcifa, 2010; Junge et al., 2014).

Nutzung der Biberteiche während Hitzewellen

In zwei untersuchten Systemen (eingeschnitten und angebunden) unterschieden sich die während einer Hitzewelle gemessenen Wassertemperaturen zwischen dem vom Biber beeinflussten Gebiet, das kühler war, und den Kontrollstrecken. Im eingeschnittenen Abschnitt blieben die Temperaturen grundsätzlich über 20 °C, während sie im angebundenen Abschnitt im Allgemeinen unter 20 °C lagen. Zu beachten ist, dass dieser Temperaturunterschied im angebundenen System nur im Biberteich vorhanden war: 25 m flussabwärts hatte die Wassertemperatur bereits wieder den gleichen Wert erreicht wie oberhalb des Teichs. Der festgestellte Temperaturrückgang scheint also mit einer kälteren Wasserschicht zusammenzuhängen, die am Grund des Biberteichs stagniert, während das erwärmte Wasser des Flusses an der Oberfläche bleibt und über den Damm «rutscht», bevor es flussabwärts fliesst.

Im eingeschnittenen System scheinen die Fische ihre Aktivität während Hitzewellen zu reduzieren, während die Forellen im angebundenen Abschnitt selbst dann aktiv bleiben. Der Unterschied in der Wassertemperatur zwischen der Kontrollstrecke und dem Biberteich des angebundenen Systems war zwar signifikant, aber ein entscheidender Einfluss auf die Forellen konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Die gemessenen Wassertemperaturen lassen nicht darauf schliessen, dass die Forellen oberhalb des Biberteichs einem erhöhten Stress ausgesetzt waren. Somit kann nicht gefolgert werden, dass der Anstieg der Fischzahl im Biberteich während einer Hitzewelle auf einen Temperaturunterschied zwischen der stromaufwärts gelegenen Kontrollstrecke und dem Biberteich zurückzuführen ist.

Obwohl der Refugium-Effekt von Biberteichen in heissen Sommern nicht belegt werden kann, kann der leicht kühlende Einfluss von Biberteichen gerade in Gewässern, die sich im Sommer stark erwärmen, einen Vorteil für kälteliebende Fischarten wie Forellen bieten.

5 Einfluss von Biberteichen auf die Wasserqualität

- Die höhere Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff⁶ (DOC) unterhalb von Biberdämmen steht im Zusammenhang mit der erhöhten Primärproduktivität in den Biberteichen.
- Im Allgemeinen führt ein Biberdamm zu einer Verringerung der Nitratkonzentration im Gewässer unterhalb des Dammes.⁷
- Die DOC- und die Nitratkonzentration korrelieren signifikant mit der Grösse angrenzender Feuchtgebiete: Je grösser die Feuchtgebiete sind, desto ausgeprägter sind der DOC-Anstieg und die Senkung der Nitratkonzentration.
- Damit Biberteiche einen messbaren Einfluss auf die Wasserqualität haben können, müssen sie die Auen überfluten und Feuchtgebiete schaffen können.

Die Schweizer Flüsse, insbesondere die kleinen Bäche im Mittelland und in den Talböden, werden durch hohe Nährstoffbelastungen (u. a. Nitrate) beeinträchtigt, die unter anderem aus dem intensiven Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft stammen. Zu hohe Konzentrationen können zu Fischsterben in Flüssen und zu einer Überdüngung der Seen führen (BAFU, 2022a).

Biberdämme verlangsamen die Strömung des Gewässers und schaffen Rückstauflächen, wodurch sich die Verweildauer von Molekülen an einem Ort erhöht. Dies ermöglicht die Aktivierung verschiedener physikalisch-chemischer Prozesse, die lokal zu einer erhöhten Stickstoffspeicherung in den Sedimenten führen (Larsen et al., 2021; Puttock et al., 2017). Pflanzen übernehmen ebenfalls eine fixierende Funktion, indem sie diesen Nährstoff für ihr Wachstum mobilisieren und diesen so dem Wasser entnehmen (Law et al., 2016; Devito & Dillon, 1993; Rosell et al., 2005).

In diesem Modul wurden 164 Biberreviere mit mindestens einem Damm untersucht. Das Ziel besteht darin, abzuschätzen, inwieweit Biberteiche zur Verbesserung der Wasserqualität in der Schweiz beitragen, und zu untersuchen, in welchen Gewässertypen Biberdämme die Bemühungen zur Reduktion der Nährstoffbelastung wirksam unterstützen können. Die saisonale Variabilität wurde ebenfalls bewertet, indem sowohl im Winter als auch im Sommer Proben gesammelt wurden.

Beprobt wurden Biberreviere mit nur einem einzelnen Damm, oder Reviere mit mehreren Dämmen hintereinander. Fünf verschiedene Proben wurden jeweils oberhalb des ersten Biberteichs im noch fliessenden Bach entnommen sowie dieselben Proben unterhalb des letzten Biberdamms. Der zeitliche Ablauf ermöglicht es, robuste Daten über die saisonale Variabilität der Auswirkungen von Biberteichen auf die Konzentration von Nitrat und gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) in Schweizer Bächen zu sammeln.

Um das Wasservolumen der Biberteiche zu berechnen, welches für die anschliessende Schätzung der Verweildauer des Wassers in den Biberteichen benötigt wird, wurde die Höhe jedes Biberdamms gemessen (genaue Methode siehe Berger 2023 und Larsen et al., 2024a). Die Schätzung des Wasservolumens ergab, dass die meisten (107) der 164 Biberdammabschnitte ein Wasservolumen von bis zu 500 m³ aufweisen. Die grössten Biberdammabschnitte haben ein Wasservolumen zwischen 3000 und 3500 m³.

⁶ DOC trägt zum Kohlenstoffkreislauf bei und ist ein wichtiger Bestandteil der aquatischen Nahrungskette. In zu grossen Mengen kann er sich aber negativ auf die Wasserqualität auswirken. Die Menge an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) in einem System hängt mit der Zersetzung von organischem Material (z. B. Blätter, Algen) zusammen.

⁷ Nitrate sind, wenn sie in zu grossen Mengen vorhanden sind, eine Quelle für die Verschmutzung von Gewässern. Sie führen unter anderem zu einer Überdüngung der Umgebung.

Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

Insgesamt ist die Konzentration des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) in den beprobten Bächen im Sommer höher (2,78 mg/l) als im Winter (1,98 mg/l). Aufgrund der Kenntnisse aus der Literatur wurde ein Anstieg der DOC-Konzentrationen in Biberreichen erwartet (Larsen et al., 2021). Dieser Anstieg wurde denn auch in den Sommerdaten beobachtet, wo in 97 von 157 Fällen unterhalb der Biberdämme eine höhere DOC-Konzentration nachgewiesen wurde. Im Winter jedoch ist die Anzahl der Biberdammabschnitte mit 77 steigenden und 80 sinkenden DOC-Konzentrationen fast gleich. Dies bedeutet, dass höhere DOC-Konzentrationen im Allgemeinen auf eine erhöhte Primärproduktivität im Biberreich zurückgeführt werden können, da diese in den Sommermonaten am stärksten ausgeprägt ist. Der beobachtete Anstieg des DOC unterhalb der Biberdämme ist wahrscheinlich auf die Zersetzung von partikulärem organischem Kohlenstoff (POC), z.B. von verrottender Vegetation, zurückzuführen und stellt somit eine Bereicherung für gewässerabwärts gelegene Nahrungsnetze dar.

Grössere Teichvolumina weisen eine positive Korrelation mit einer höheren Konzentration von DOC auf.

Nitrat (NO_3^-)

Es konnte sowohl eine Senkung als auch ein Anstieg der Nitratkonzentrationen festgestellt werden, wobei eine Senkung häufiger auftrat. Eine Senkung der Nitratkonzentration wird häufiger im Sommer beobachtet (104 von 158 Messungen; Abb. 18), während im Winter 89 von 158 Messungen weniger Nitrat aufwiesen. Eine Zunahme der Ammoniumproduktion in Biberreichen mit anschliessender Re-Nitrifikation zu Nitrat gewässerabwärts kann aufgrund der Resultate ausgeschlossen werden.

Von den 164 beprobten Gewässerabschnitten wurden 25 Stellen mit Feuchtgebieten innerhalb von 50 m Distanz zum Gewässer gefunden. Diese 25 Gewässerabschnitte sind über die ganze Schweiz verteilt. Bei 14 dieser 25 Abschnitte waren die Feuchtgebiete direkt mit dem Bach verbunden. Diese 14 Abschnitte mit Feuchtgebiet-Gewässer-Verbindung zeigen ein konsistentes Muster abnehmender Nitratkonzentrationen (Median: -3,56 mg/l) und steigender DOC-Konzentrationen (Median: 1,05 mg/l) im Sommer. Auch im Winter ist ein Trend zu sinkenden Nitratkonzentrationen (Median: -0,17 mg/l) und steigenden DOC-Konzentrationen (Median: 0,20 mg/l) zu beobachten, wenngleich er im Vergleich zum Sommer weniger ausgeprägt ist. Auffallend ist der Zusammenhang zwischen der Grösse der Feuchtgebiete innerhalb von 50 m Distanz zum Gewässer mit der Abnahme der Nitrat- und Zunahme der DOC-Konzentrationen. Diese Korrelationen sind im Sommer stärker ausgeprägt als im Winter.

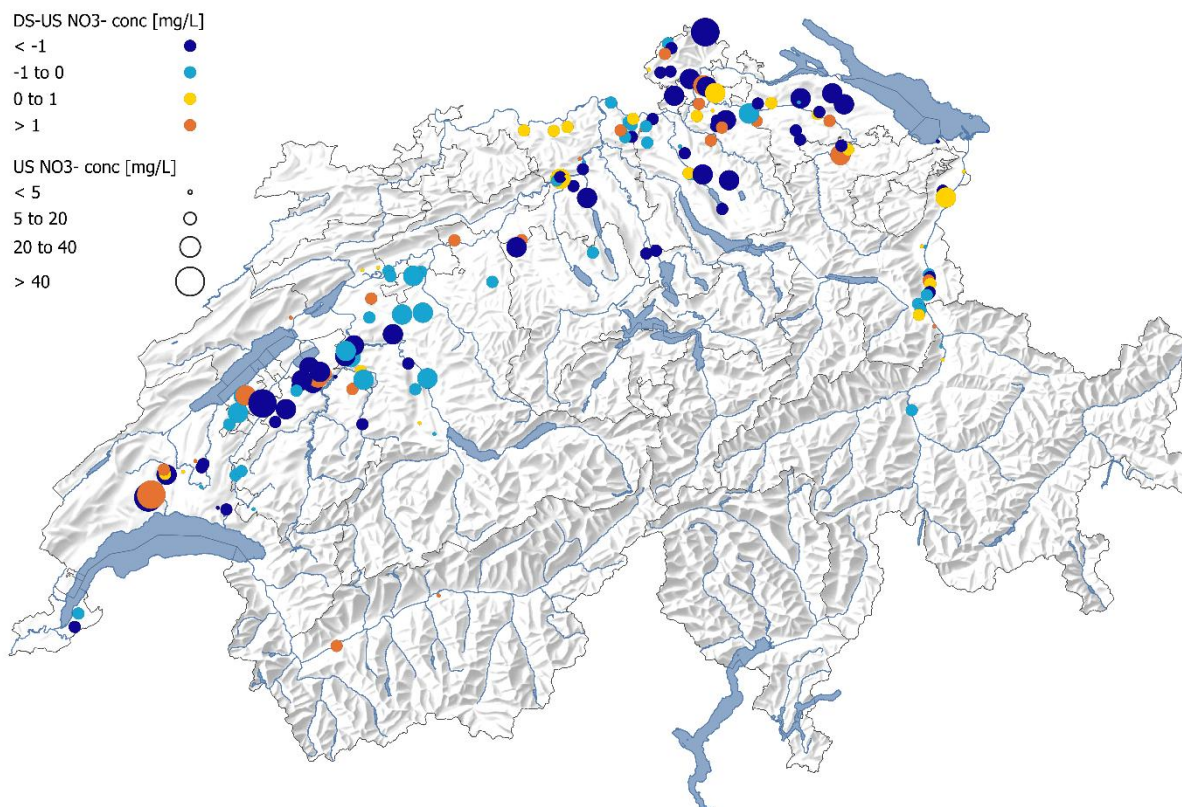


Abb. 18: Veränderungen der Nitratkonzentrationen in Gewässern mit Biberdämmen im Sommer. Punkte: Standort der Wasserprobenahmen. Eine blaue Farbe zeigt eine Abnahme der Konzentration unterhalb der Biberteiche an, während eine orange Farbe eine Zunahme der Konzentration anzeigt. Die Grösse der Kreise gibt die ursprüngliche Belastung oberhalb der Biberteiche wieder. US = Wasserprobe oberhalb; DS = Wasserprobe unterhalb.

Es ist allgemein bekannt, dass Feuchtgebiete die Nitratkonzentration verringern und die DOC-Konzentration in aquatischen Systemen erhöhen können (Larsen et al., 2021). Diese Untersuchung zeigt, dass vor allem dort eine bessere Wasserqualität resultiert, wo Biber mit ihren Dämmen Feuchtgebiete schaffen können, die Gewässer also mit dem angrenzenden Umland vernetzen. Dadurch werden grosse Mengen an Nitrat aus den Bächen entfernt und die DOC-Fracht erhöht.

Die Gewässerabschnitte mit Feuchtgebieten wiesen eine grössere Distanz zwischen den zwei Wasserproben (+ 67 %), ein höheres Wasservolumen der Biberteiche (+ 127 %) und eine längere Wasserverweilzeit (+ 442 % im Winter, + 413 % im Sommer) auf als die Biberdammabschnitte mit einer Verschlechterung der Wasserqualität. Biberfeuchtgebiete lagen in Gebieten mit geringerem Gefälle (- 59 %) und die Bäche hatten einen geringeren Abfluss (- 72 % im Winter, - 78 % im Sommer).

Das geringere Gefälle und der geringere Abfluss sowie die längere Verweilzeit des Wassers deuten auf eine geringere Wasserturbulenz hin, die das Potenzial für anaerobe Bedingungen und damit für eine Verringerung des Nitratgehalts erhöht. Feuchtgebiete verarbeiten Stickstoff durch eine Vielzahl biologischer, chemischer und physikalischer Prozesse und unterstützen die meisten natürlichen Umwandlungen von Stickstoff. Die enge Kopplung von aeroben und anaeroben Bedingungen in Feuchtlandböden in Verbindung mit einer hohen Pflanzenproduktivität und organischen Stoffwechselaktivitäten schafft günstige Bedingungen für die Umwandlung von Nitrat in atmosphärische Gase durch Denitrifikation.

Damit diese Prozesse die Wasserqualität positiv beeinflussen können, muss das Gewässer mit dem Umland vernetzt sein, so dass Feuchtgebiete entstehen können.

6 Kohlenstoffbilanz im Biberrevier in Marthalen (Kanton Zürich)

- Das vom Biber geschaffene Feuchtgebiet von Marthalen (ZH) produziert fast doppelt so viel Biomasse und speichert dreimal so viel Kohlenstoff wie der Wald, der vor der Ankunft des Bibers vorhanden war.
- Diese Netto-Kohlenstoffsенke ist mit den Verlusten an gelöstem anorganischem Kohlenstoff (DIC⁸) verbunden, die wahrscheinlich durch die Aufnahme von HCO_3^- durch Algen und aquatische Pflanzen für die Photosynthese begünstigt werden.

Im Vergleich zu schnell fließendem Bachwasser verweilt das Wasser in fließenden oder stehenden Abschnitten von Biberseen länger in einem Gebiet. Dies hat eine erhöhte Produktivität der aquatischen Ökosysteme zur Folge. Ein Anstieg der Produktivität in Verbindung mit einer verringerten Vermischung des Wassers in langsam fließenden bis stehenden Gewässerabschnitten kann anaerobe Prozesse im Wasser und in Uferzonen stark erhöhen. Dies kann sowohl Auswirkungen haben auf die Geschwindigkeit als auch auf die Wege des Kohlenstoffkreislaufs sowie auf die Kohlenstoffbindung im Gewässer (Larsen et al., 2021). Die Auswirkungen von Biberdämmen auf die Kohlenstoffbilanz kann in der Schweiz aber durchaus von Bedeutung sein, da sich Biber insbesondere in den Bächen im Mittelland weiter ausbreiten und dabei zahlreiche Dämme bauen können. Zusätzlich zu den lokalen Veränderungen bei den Kohlenstoffsенken und -quellen kann ein Biberdamm grosse Auswirkungen auf den Kohlenstoffkreislauf des gesamten flussabwärts gelegenen Gewässernetzes haben, da sich die dortigen Ökosysteme an die veränderten Einträge von gelöstem organischem und anorganischem Kohlenstoff anpassen. Schliesslich kann der Biber die Umwandlung von Auwäldern in Feuchtgebiete fördern, wodurch sich die Landschaftscharakteristika verändern und sowohl die Kohlenstoffspeicherung als auch die atmosphärischen CO_2 - und CH_4 (Methan)-Flüsse zunehmen. Dieses Modul liefert die erste Bewertung eines jährlichen Kohlenstoffbudgets für ein vom Biber stark beeinflusstes, grossflächiges Gebiet in der Schweiz. Sie zeigt die Veränderungen auf, die aufgrund der veränderten Hydrologie und Ökosystemproduktivität auftreten.

Die Studie wurde in einem 2009 vom Biber geschaffenen Feuchtgebiet in der Nähe von Marthalen (ZH) durchgeführt, einem Unterabschnitt des Mederbachs, der durch einen Wald fliesst (Niederholz). Hier entstanden zeitweise oder dauerhaft überflutete Gebiete und im Laufe der Zeit verwandelte sich die Landschaft von einem vollständig bewaldeten Gebiet in ein offenes Feuchtgebiet (Abb. 19). Um die Kohlenstoffbilanz dieses Systems zu erstellen, wurden automatisierte Messstationen und Standorte zur Datenerhebung vor Ort im gesamten Feuchtgebiet ausgewählt. So sollen die wichtigsten Komponenten des Systems erfasst werden, d. h. die zu- und abfließenden Wasser- und Kohlenstoffströme, die Ströme aus den offenen Wasserflächen sowie die Ströme aus den feuchten und trockenen Böden des Feuchtgebiets. Während die DOC- und DIC-Werte (gelöster organischer Kohlenstoff und gelöster anorganischer Kohlenstoff) zweimal pro Woche erhoben wurden, wurden die Flüsse von Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) alle zwei Wochen gemessen. Die Quantifizierung der Biomasse erfolgte zudem mittels Drohnenaufnahmen und Pflanzenproben, die auf 40 x 40 cm grossen Parzellen gesammelt wurden. Das Volumen an Totholz wurde mithilfe des normalisierten differenzierten Vegetationsindex (NDVI) und auf der Grundlage eines digitalen Oberflächenmodells berechnet. Schliesslich wurde die Kohlenstoffspeicherung mit Sedimentproben geschätzt. Weitere Details zur Methode finden Sie in d'Epagnier (2023) und Larsen et al. (2024b).

⁸Unter DIC wird der gesamte im Wasser gelöste anorganische Kohlenstoff zusammengefasst. Er ist definiert als Summe aller Carbonate: $\text{DIC} = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$



Abb. 19: Luftaufnahmen des Untersuchungsgebiets, Blick nach Süden. Oben: im Jahr 2011, zwei Jahre nach Ankunft der Biber. Unten: im Jahr 2022. Roter Kreis: Brücke über den Mederbach beim Waldeingang (Bild oben: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL); Bild unten: Christof Angst).

Gelöster organischer Kohlenstoff (DIC) ist sowohl der grösste Eintrag als auch der grösste Abfluss von Kohlenstoff in und aus dem System. Das Biberfeuchtgebiet ist insgesamt eine Netto-Kohlenstoffsene. Nach DIC stellen CO₂-Emissionen aus den Böden des Feuchtgebiets den grössten Austrag dar, während CO₂-Emissionen aus den Wasserflächen relativ gering sind. Zu beachten sind die unterschiedlichen Gewichtseinheiten, die für die CO₂- und CH₄-Flüsse verwendet wurden; alle CH₄-Verluste sind um mehrere Grössenordnungen geringer als jene von CO₂ und tragen daher nur geringfügig zur gesamten Kohlenstoffbilanz des Systems bei.

Die gesamte Netto-Kohlenstoffsенке des Systems wird auf rund 63 Tonnen pro Jahr geschätzt (Tab. 8), was etwa 17 Prozent der Kohlenstoffeinträge entspricht, basierend auf den Unterschieden zwischen den gesamten Kohlenstoffeinträgen und -austrägen. Dies ist grösstenteils, aber nicht ausschliesslich, auf die Unterschiede zwischen den DIC-Konzentrationen am Eingang und am Ausgang des Feuchtgebietes zurückzuführen. Wichtig ist der Hinweis darauf, dass diese Schätzung der Senke bemerkenswert nahe an den von uns geschätzten Speicherschwankungen für die Biomasse und die Ablagerung organischer Sedimente liegen (58,7 Tonnen pro Jahr). Dies deutet darauf hin, dass die Schätzungen des Kohlenstoffbudgets nahezu ausgeglichen sind und daher trotz der offensichtlichen Unsicherheiten relativ robust sein dürften.

Tab. 8: Kohlenstoffverbindungen und Schätzungen der Kohlenstoffmasse [t oder kg]. Die CH₄-Werte in [kg] sind kursiv hervorgehoben, die übrigen Werte sind in Tonnen [t] angegeben. Die beiden blau hervorgehobenen Werte müssen miteinander verglichen werden, weil die Differenz zwischen Eintrag und Austrag in den gemessenen Speicherungen berücksichtigt werden muss.

Bestandteil	Kohlenstoffmasse [t oder kg] / Jahr
Einträge	
DIC _{Eintrag} [t]	347,5
DOC _{Eintrag} [t]	26,4
Totaler Kohlenstoffeintrag [t]	373,9
Austräge	
DIC _{Abfluss} [t]	202,7
DOC _{Abfluss} [t]	15,5
CH ₄ Wasser [kg]	23,4
CO ₂ Wasser [t]	4
CH ₄ Boden [kg]	1,2
CO ₂ Boden [t]	47,6
C _{Infiltration}	41,2
Totaler Kohlenstoffaustrag [t]	311
Einträge – Austräge [t]	62,9
Speicherung	
Kohlenstoff in der Biomasse [t]	16,8
Organischer Kohlenstoff in Sedimenten [t]	41,9
Speicherung total [t]	58,7

Der Ursprung dieser Netto-Kohlenstoffsенке liegt in den Verlusten an DIC, die wahrscheinlich durch die Aufnahme von HCO₃ durch Algen und aquatische Pflanzen (Nutzung als CO₂-Quelle bei der Photosynthese) gefördert werden. Die Häufigkeit der Wasserpflanzen und Algen im Biberrevier in Marthalen sowie die klare Dominanz der kumulativen DIC-Aufnahme während der photosynthetisch aktiven Perioden im Frühjahr und Sommer unterstützen diese Interpretation einer erhöhten aquatischen Nettoprimärproduktivität (NPP).

Die Zunahme der NPP sorgt für eine saisonale Speicherung von Kohlenstoff in der Biomasse, die später abgebaut wird. Dieser Kohlenstoff wird dann in Form von organischem Material in den Sedimenten des Feuchtgebietes gespeichert oder potenziell flussabwärts exportiert. Diese Schätzungen der jährlichen Veränderungen der Biomasse und der Speicherung organischer Substanz in den Sedimenten liegen bemerkenswert nahe an der Differenz zwischen den gemessenen Kohlenstoffeinträgen und -austrägen. Dies deutet darauf hin, dass der Grossteil dieser NPP-Zunahmen auf eine zusätzliche Speicherung von Kohlenstoff im Feuchtgebiet zurückzuführen ist.

Dieses von den Bibern geschaffene Feuchtgebiet ermöglicht die Entwicklung eines grossen Kohlenstoffspeichers, der vorher in der Landschaft nicht vorhanden war. Dieses Feuchtgebiet produziert fast doppelt so viel Biomasse und speichert die dreifache Menge an Kohlenstoff wie der Wald vor der Ankunft der Biber. Überdies ist die Kohlenstoffbindung im Boden höchstwahrscheinlich von längerer Dauer als in Bäumen.

Diese Ergebnisse müssen allerdings mit Vorsicht betrachtet werden. Schätzungen gehen nämlich davon aus, dass der Mederbach im Biberrevier in Marthalen etwa 40 Prozent seines Wassers verliert. Diese Verluste liegen zwar innerhalb bereits bekannter Bandbreiten (Puttock et al., 2017; Woo & Waddington, 1990); ihre ungewöhnliche Verteilung (10 % durch Infiltration und 30 % durch Verdunstung) kann sich aber auf die Interpretation der gesammelten Daten über den Kohlenstoffkreislauf in Marthalen auswirken und eine breite Verallgemeinerung der Ergebnisse verhindern. Eine Wiederholung dieses Experiments in vom Biber gebildeten Feuchtgebieten mit unterschiedlichen Eigenschaften wäre daher wünschenswert, um ein allgemeines Bild der Wirkung von Bibern auf den Kohlenstoffkreislauf zu erhalten.

7 Ein Biber-Auenmodell für die Schweiz

- Biber besiedeln bevorzugt Gewässer mit einem Gefälle unter 4 % und einer Gewässerbreite bis 6 m.
- Auf rund 9848 km der Schweizer Fliessgewässer können Biber potenziell Dämme bauen.
- Der Biber kann mit dem Bau von Dämmen die Biodiversität und Ökosystemleistungen in der ganzen Schweiz auf einer Fläche von rund 298 km² positiv beeinflussen (Chancen überwiegen Konflikte). Im Vergleich dazu ist auf rund 152 km² aber mehrheitlich mit Konflikten zu rechnen.
- Der Biber wird in Zukunft vermehrt Gebiete über 600 m ü. M. besiedeln, was eine grosse Chance für die Biodiversität darstellt. Diese höher gelegenen Regionen bergen nämlich ein hohes Mass an Chancen für die Natur, verglichen mit tiefer gelegenen Gebieten, wo es aufgrund der intensiveren Landnutzung eher zu Konflikten kommen kann.

Ein Netzwerk von Biberrevieren mit Dämmen kann zahlreiche Ökosystemleistungen erbringen (Übersicht in Larsen et al., 2021). Sie halten grosse Wassermengen zurück und lassen den Grundwasserspiegel ansteigen. Ebenfalls können Veränderungen in Hydrologie, Geomorphologie, Nährstoffkreislauf und Ökologie auftreten (Larsen et al., 2021). Biberdämme können die Verbindung entlang der Gewässer (längs) und zu den angrenzenden Flächen (seitlich) stark beeinflussen. Wie gut diese Verbindungen im Fliessgewässerkorridor funktionieren, hängt jedoch auch stark davon ab, wie das angrenzende Land genutzt wird.

Biber-Auenmodell

Ein räumliches Modell wurde entwickelt, um das Potenzial der Veränderung von Schweizer Bächen durch den Biber abzuschätzen. Dieses Modell grenzt Rückstau- und vorhersehbare Überschwemmungsflächen ab, auf die der Biber durch den Bau von Dämmen einwirken kann. Diese Flächen werden im Folgenden als Biberauen bezeichnet.

Bestehende Datensätze zu Biberdammstandorten und hydrogeomorphischen Eigenschaften von Flussauen bildeten die Grundlage zur Erstellung des vorliegenden Biber-Auenmodells. Als erstes wurde ein umfangreicher Datensatz von über 2000 Dammstandorten von 1990 bis 2022 für die gesamte Schweiz verwendet (Datenbank info fauna, 2023). Zur Modellierung der Gewässerabschnitte, in denen Biber potenziell Dämme bauen können, wurden die Gewässereigenschaften wie Gewässerbreite, Gefälle, Abflussmenge sowie die angrenzende Landnutzung berücksichtigt. Dies sind alles Faktoren, von denen man annimmt, dass sie das Stauverhalten des Bibers beeinflussen. Diese Informationen stammen aus der Literatur (Rosell & Campbell-Palmer, 2022) und wurden mit den Gewässermerkmalen aus den verfügbaren Biberdamm-Daten der Schweiz verglichen.

Basierend auf den Bächen, die sich für den Bau von Dämmen eignen, und hochaufgelösten Geländedaten, wurden mithilfe eines speziell entwickelten, objektiven und somit leicht übertragbaren statistischen Verfahrens Flussauen abgegrenzt, die sich besonders gut für die Schaffung von Biberteichen eignen (Abb. 20). Die Abgrenzung dieser Biberauen basiert dabei auf der Höhe des Geländes im Verhältnis zur Gewässertiefe des Baches plus der angenommenen Biberdammhöhe von 0,5 m (durchschnittliche Dammhöhe im Winter 2022) oder 1,5 m (16 % der Dämme waren $\geq 1,5$ m im Winter 2022; Kapitel 2, Angst et al., 2023). Um die potenzielle Verbreitung von Biberauen abzuschätzen, wurde das digitale 2m-Höhenmodell (swiss DEM 3D) verwendet. Für die genaue Herleitung der Methode siehe Dennis et al. (2024).

Wieder vernässte Flächen und Ausmass positiver und negativer Auswirkungen von Biberteichen

Den berechneten Auenflächen, die sich aus dem Modell für den Dammbau ergaben, wurden Bewertungen zugewiesen, wie gross dort die «Chancen» für eine ökologische Aufwertung sind oder ob «potenzielle Konflikte» mit der Landnutzung bestehen. Die Chancen spiegeln die Zunahme der

Biodiversität und Ökosystemleistungen wider und werden als positiv berücksichtigt. Potenzielle Konflikte ergeben sich aus der Nähe zu Gebieten mit produktiver Landnutzung, insbesondere zu Siedlungsgebieten, Verkehrsinfrastrukturen, Landwirtschaft (Ackerbauflächen) und Wasserwirtschaft. Alle Gebiete, die mit diesen Landnutzungen in Verbindung stehen (Giuliani et al., 2022), wurden negativ bewertet (Dennis et al., 2024).

Geeignete Gewässer für den Dammbau

Die Modellierung des Dammbauverhaltens des Bibers zeigt, dass er bevorzugt schmale Bäche niedriger Ordnung mit einem Gefälle bis zu 4 % staut. In steileren Bächen nimmt die Wahrscheinlichkeit für den Bau von Dämmen schnell ab. Das Gefälle ist der wichtigste Faktor, der das Stauverhalten des Bibers beeinflusst und dieses erklärt. Die meisten Dämme werden in Gewässern mit einer Breite unter 6 m gebaut – sie können jedoch auch breitere Bachabschnitte stauen. Dies wird mit zunehmender Gewässerbreite aber immer unwahrscheinlich, da die «Streampower», also die Energie, die das Gewässer auf den Biberdamm ausübt, zu gross wird und Biber keine Dämme mehr errichten können oder diese regelmässig zerstört oder teilweise weggespült werden. Die Gesamtlänge der Fliessgewässer, wo Biber Dämme bauen können, beträgt gemäss Modell 9848 km.

Potenzial für Flächen, die durch Biberdämme vernässt oder überflutet werden können

Die Gesamtfläche der Biberauen und die erwarteten positiven und negativen Auswirkungen für jeden Kanton sind in Tabelle 9 dargestellt. Über die ganze Schweiz betrachtet kann der Biber somit mehr Flächen mit überwiegend hohem Potenzial für die Natur und Ökosystemleistungen schaffen, wo eher wenige Konflikte zu erwarten sind (29840 ha) als Flächen mit mehrheitlich hohem Konfliktpotenzial (15213 ha). 19,4 % der gesamten Flächen liegen im Wald, 80,6 % im Offenland.

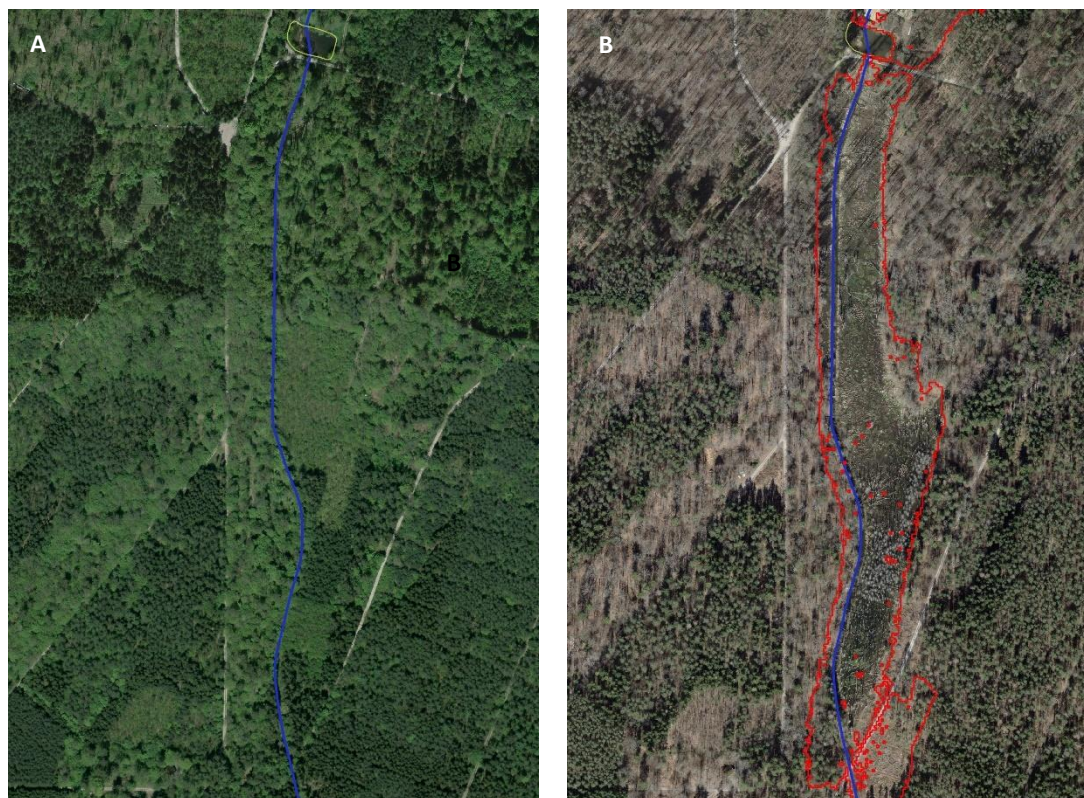


Abb. 20: Abgrenzung eines Biberauengebiets. A: Luftbild 2009 vor Ankunft des Bibers, blau=Bachlauf; B: Luftbild 2023 desselben Abschnitts, blau=Bachlauf, rot= Grenze der modellierten Biberawe mit einer Biberdammhöhe von 0,5 Meter. Der durch den Biber beeinflusste Bereich ist gut erkennbar durch das Fehlen der Bäume. Kartenhintergrund: swisstopo.

Das Konfliktpotenzial ist vor allem in Gewässern tiefer Lagen hoch und nimmt ab 600 m ü. M. stark ab. Durch den Biber gestaltete Flächen oberhalb 600 m ü. M. bieten überwiegend Chancen für die Bio-

diversität und Ökosystemleistungen. Heute liegen 89 Prozent der Biberreviere unterhalb von 600 m ü. M. (Angst et al., 2023). Im Mittelland werden die Plätze knapp und die Biber besiedeln zunehmend höhere Lagen. Es ist wahrscheinlich, dass diese neu besiedelten Bereiche weniger Konflikte verursachen als Gebiete in niedrigeren Höhenlagen und einen grösseren Nutzen für die Biodiversität bringen.

Tab. 9: Flächen der Biberauen in Hektaren, aufgeteilt nach Kanton (Flächen gemäss Modell mit einer Dammhöhe von 0,5 m).

Kanton	Fläche total (ha)	überwiegend hohes Potenzial für Natur (ha)	überwiegend hohes Konfliktpotenzial (ha)
Aargau	2914	1616	1298
Appenzell Ausserrhoden	135	126	9
Appenzell Innerrhoden	65	60	5
Basel-Landschaft	631	355	276
Basel-Stadt	3	1	2
Bern	8012	4788	3225
Freiburg	2556	1987	569
Genf	835	610	226
Glarus	359	303	56
Graubünden	1912	1411	501
Jura	1256	704	552
Luzern	3916	2192	1724
Neuenburg	534	323	211
Nidwalden	101	75	26
Obwalden	260	223	37
Schaffhausen	403	197	207
Schwyz	860	763	98
Solothurn	1910	977	933
St. Gallen	2376	1909	467
Thurgau	2569	1816	753
Ticino	1287	1011	276
Uri	220	194	26
Wallis	2645	1653	992
Waadt	4271	3113	1158
Zürich	4435	2973	1462
Zug	587	462	125
Total	45053	29840	15213

Das Biber-Auenmodell zeigt, dass der Biber mit der erwarteten zukünftigen Ausbreitung ein grosses Potenzial für die Förderung der Biodiversität bietet und einen wichtigen Nettonutzen für Natur und Gesellschaft schaffen kann. Die Entwicklung ähnlicher Modelle in anderen Zusammenhängen, z.B. bei Wasserbauprojekten mit dem Schwerpunkt auf naturnahen oder Prozess basierten Lösungen «mit Biber», können dazu beitragen, die Wiederherstellung natürlicher Gewässer zu beschleunigen, deren ökologische Qualität zu verbessern und gleichzeitig unerwünschte Landnutzungskonflikte zu minimieren.

8 Diskussion der Resultate

8.1 Bewertung und Einordnung der Resultate

Biodiversität

Die vorliegende Synthese belegt den wichtigen Einfluss des Bibers auf die Biodiversität, die Widerstandsfähigkeit und die natürliche Funktion von Gewässern. Mit seinen Dämmen hilft der Biber die Eigendynamik der Fliessgewässer wieder herzustellen und ermöglicht die Neubildung von Schwemmebenen. Die Fähigkeit des Bibers, Gewässer mit dem umliegenden Land zu vernetzen und zu überfluten, ist entscheidend für die Förderung der Biodiversität (Messlinger et al. 2022). Je grösser der seitliche Einfluss, desto grösser ist der Nutzen für die Biodiversität (Abb. 21; Kapitel 3).



Abb. 21: Der Biber bietet einigen Arten die Möglichkeit, sich an Orten fortzupflanzen, wo dies zuvor nicht denkbar war. In den Zwischenräumen zwischen den Wurzeln dieses umgekippten Wurzeltellers in einem Biberteich in Herzogenbuchsee (BE) konnte beispielsweise ein Eisvogel nisten (Bild: Christof Angst).

Die Studie von Messlinger et al. (2022) zeigt über einen Untersuchungszeitraum von mehr als 20 Jahren, dass die positiven Auswirkungen auf prioritäre und Rote-Liste-Arten dauerhaft sind, solange die Biberaktivität anhält. Sobald der Biber aber nicht mehr aktiv ist, kommt es bei einigen dieser Arten zu einem raschen Rückgang. Die Geschwindigkeit, mit der die Populationen auf die An- oder Abwesenheit des Bibers reagieren, lässt sich durch die lange Koevolution zwischen diesen Arten erklären. Der Biber beeinflusst die Lebensräume Fliessgewässern seit mehreren Millionen Jahren (Tedford & Harrington, 2003; Zahner et al., 2022). Ein grosser Teil der Süsswasserbewohner in unseren Breitengraden ist eng mit den Aktivitäten des Bibers verbunden.

Der Biber beeinflusst aber nicht nur die Artenvielfalt positiv. Auch die Anzahl der Individuen (Abundanz oder Biomasse) kann vervielfacht werden (bis zum 62-Fachen; siehe Kapitel 3). Die erhöhte Abundanz ist vor allem auch vor dem Hintergrund der in Europa schwindenden Biomasse der letzten Jahrzehnte von grosser Bedeutung (Hallmann et al. 2017, Seibold et al. 2019).

Aber nicht nur die erhöhte Verfügbarkeit der Nahrung in Biberteichen ist wichtig, sondern auch deren Qualität, wie z.B. der Gehalt an hoch ungesättigten Omega-3-Fettsäuren (HUFA). Wingfield et al. (2018) konnten zeigen, dass der Bruterfolg der Baumschwalbe (*Tachycineta bicolor*) grösser ist, wenn deren Nestlingsnahrung aus Wasserinsekten mit erhöhtem HUFA-Gehalt statt aus Landinsekten besteht (weniger HUFA-Gehalt).

Der Einfluss des Bibers auf die Biodiversität wurde vor allem in tiefen Höhenlagen analysiert. Eine Studie im Bayerischen Wald in einer Höhe von ca. 650 m ü. M. hat aber gezeigt, dass der Biber auch hier einen grossen Einfluss auf die Artenvielfalt und die Abundanz hat (Pflanzen, Spinnen, Käfer, Wanzen, Vögel, Amphibien, Reptilien, kleine und mittelgrosse Säugetiere und Fledermäuse) und einen wichtigen Beitrag zur Wiederherstellung von Gewässerlebensräumen leistet (Orazi et al., 2022). Diese Tatsache ist wichtig für die Schweiz, denn das Biber-Auenmodell für die Schweiz (siehe Kapitel 7) veranschaulicht, dass der Anteil der vom Modell prognostizierten positiven Effekte für die Artenvielfalt ab einer Höhe von etwa 600 m ü. M. den prozentualen Anteil der prognostizierten Konflikte deutlich zu übersteigen beginnt. Und in eben diesen Höhenlagen sind die kleinen Bäche zu finden, die den grössten Teil des Schweizer Gewässernetzes ausmachen. Das Potenzial des Bibers, die Biodiversität in genau diesen Bächen zu fördern, ist somit beträchtlich. In kleinen, quellenahen Bächen in Europa sind Biber hauptverantwortlich für die Schaffung von Lebensräumen für 19 Amphibienarten, trotz deren sehr unterschiedlichen Lebensraumansprüchen (Dalbeck et al., 2020). Biberteiche dienen zudem allgemein als wichtige Zufluchtsorte für Larven und adulte Tiere dieser Amphibien bei Hochwasser (Dalbeck & Weinberg, 2009). Nicht zuletzt gehören Biberteiche aufgrund ihrer grossen strukturellen Vielfalt und der vielen Verstecke zu den seltenen Arten von Lebensräumen, in denen eine Koexistenz von Fischen und Amphibien bedingt möglich ist.

Die in dieser Studie nachgewiesenen positiven Auswirkungen auf Artenzahl und die Anzahl der Individuen (Biomasse) bleiben zwar auf die 16 Untersuchungsstandorte beschränkt. Es ist aber davon auszugehen, dass die Artenvielfalt und die Abundanz der Arten auf breiterer Ebene beeinflusst werden. Eine Metaanalyse hat sich mit dieser Frage befasst und die Ergebnisse sprechen für sich: Der Biber ermöglicht auf Landschaftsebene eine Zunahme der Tierarten in 83 Prozent und der Pflanzenarten in 79 Prozent der Untersuchungen (Sommer et al. 2018).

Die Mehrheit der Gewässerlebensräume (76 %) und das damit verbundene Artenspektrum sind bedroht (BAFU, 2023b). Der Biber bietet gerade in diesen Lebensräumen eine grosse Chance, die Biodiversität zu erhalten und zu fördern.

Fischwanderung durch Biberdämme

Wie andere wissenschaftliche Untersuchungen hat auch das Forschungsmodul über das Verhalten von Fischen an Biberdämmen gezeigt, dass diese Dämme kein Hindernis für die Fischwanderung darstellen (z. B. Kemp et al., 2012; Taylor et al., 2025; 2010; Wolf et al., 2022; Needham et al., 2025). Es zeigt sich aber, dass eine natürliche Hochwasserdynamik mit sich änderndem Abfluss vorhanden sein muss, um einen erleichterten Aufstieg für alle Arten zu gewährleisten. Die meisten Passagen, unabhängig von der untersuchten Fischart, fanden bei erhöhtem Abfluss nach Regenereignissen statt. In Fliessgewässern, in denen keine Hochwasserdynamik existiert (zum Beispiel in künstlichen Gewässern wie Fischaufstiegshilfen bei Stauwehren zur Stromproduktion), können Biberdämme die Fischmigration stark einschränken oder gar ganz unterbinden.

Auch die ökomorphologischen Eigenschaften des Bachs spielen eine grosse Rolle für den Erfolg der Wanderungen: Je natürlicher der Bach ist und je mehr er mit dem angrenzenden Land vernetzt ist, je mehr angrenzende Flächen dadurch überflutet werden können und sich Seitengerinne bilden können, desto einfacher können die Fische den Abschnitt überwinden. Der Erfolg der Fische bei der Passage der Biberdämme ist zudem umso grösser, je weniger das Gewässer eingeschnitten ist. Die seitliche Anbindung eines Baches mit dem Ufer ist also wichtig, um den Erfolg der Fischwanderung über Biberdämme zu erhöhen.

Die drei ausgewählten Studienorte repräsentierten den typischen Schweizer Kontext: Zwei Standorte waren eingeschnitten und unnatürlich, während der dritte, flachere Standort dem Biber die Möglichkeit bot, die angrenzende Fläche (Auengebiet) zu überfluten, es bilden sich Umgehungsgerinne. Selbst in relativ künstlichen Flüssen stellt die Anwesenheit des Bibers also keine zusätzliche Bedrohung für die Fische dar, im Gegenteil: Fische können in hohem Masse von den Vorteilen des Bibers profitieren, sei es durch die zahlreichen geschaffenen Lebensräume und Strukturen oder durch eine erhöhte Insektenproduktivität, die ihr Nahrungsangebot vergrössert (Abb. 22).

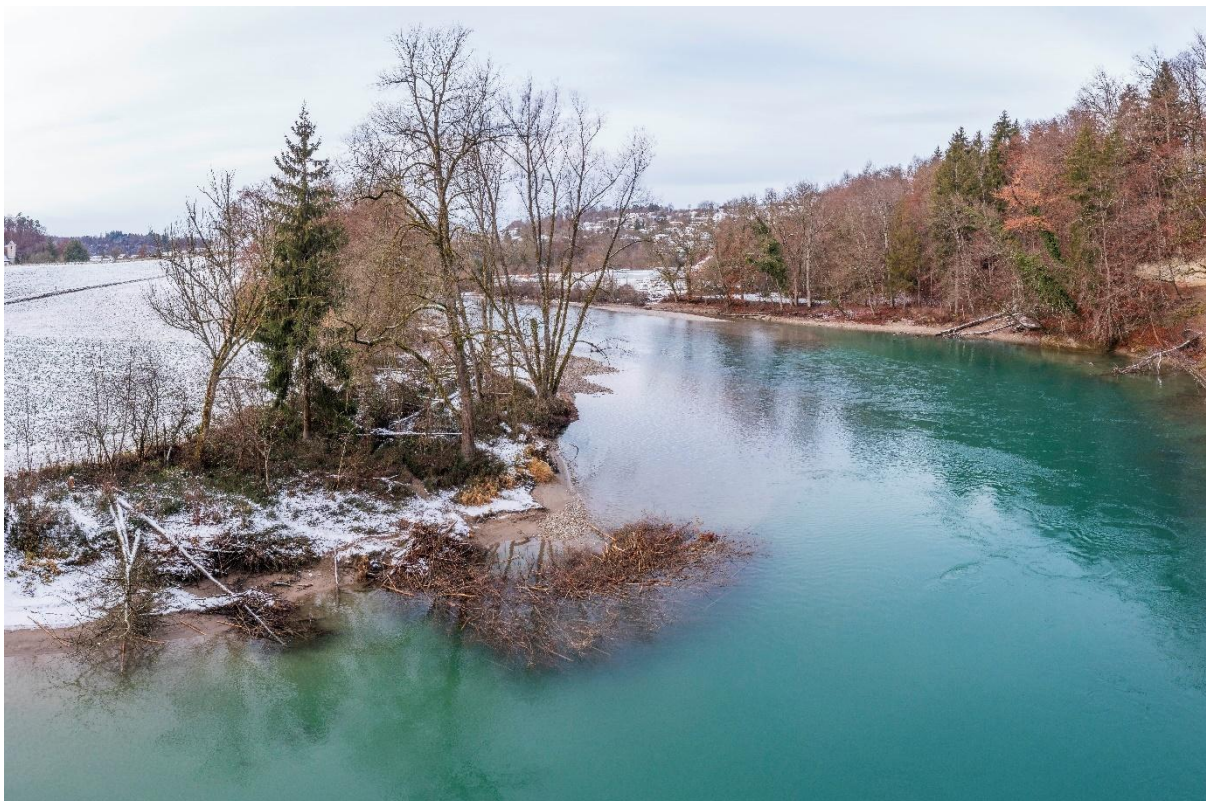


Abb. 22: Biberdämme sind nicht die einzigen Bauwerke des Bibers, die zur Förderung der Biodiversität beitragen. In Bächen und Flüssen sorgt das vom Biber eingebrachte Totholz für zusätzliche wichtige Lebensräume. Hier ermöglicht ein grosser Wintervorrat, den die Biber in der Aare angelegt haben, vielen Fischen und insbesondere Jungfischen, sich zu ernähren und vor Fressfeinden zu verstecken (Bild: Christof Angst).

Wasserqualität

Mit dem Bau von Dämmen kann der Biber in kleinen Bächen einen namhaften Beitrag zur Reduktion der Nährstoffbelastung beitragen (z.B. Nitrat). Kleine Biberteiche, die sich nur innerhalb eines Gewässerlaufes ausdehnen können, den Bach im besten Fall also nur im Gerinne langsamer fließen lassen, haben einen sehr geringen bis nicht messbaren Reinigungseffekt. Wenn das Wasser jedoch auf die angrenzenden Uferflächen fließen und dort Feuchtgebiete schaffen kann, kann der Reinigungseffekt bedeutend sein. Bis zu 20 % Reduktion der Stickstoffbelastung konnte in den effektivsten Biberlebensräumen wie in Abbildung 21, 23 oder 24 nachgewiesen werden. Damit die wichtigen biologischen, chemischen und physikalischen Prozesse im Gewässer optimal ablaufen können, muss das Wasser entweder durch die Biberteiche die Uferbereiche befeuchten oder über die angrenzenden Flächen (Auen) fließen, sodass dort Teiche entstehen können.

Kohlenstoffsinken

Die Verminderung der Treibhausgasemissionen und insbesondere des CO₂-Ausstosses wird heute als Notwendigkeit und globale Dringlichkeit angesehen. Der Biber kann uns auf seiner Ebene bei diesem Kampf helfen. Berechnungen zufolge fungiert das Biberrevier im Niederholz-Wald in Marthalen (ZH) als effiziente Kohlenstoffsенке. Tatsächlich speichert das Feuchtgebiet fast dreimal so viel Kohlenstoff wie der Wald, der das Gebiet vor der Ankunft der Biber bedeckte. In einem Jahr werden fast 63 Tonnen Kohlenstoff in den Wasserpflanzen und Sedimenten⁹ dieser 4 ha grossen Fläche gespeichert (Abb. 23). Dies entspricht 231 Tonnen CO₂-Äquivalenten¹⁰ pro Jahr.

⁹ Die Speicherung von Kohlenstoff im Boden scheint zudem nachhaltiger zu sein als in Bäumen.

¹⁰ Kohlenstoff macht etwa 27 % des Gewichts eines CO₂-Moleküls aus. 63 Tonnen reiner Kohlenstoff entsprechen somit etwa 231 Tonnen CO₂.

Damit die physikalisch-chemischen Speicherprozesse optimal ablaufen und solche Ergebnisse erzielt werden können, muss das von den Biberdämmen zurückgehaltene Wasser über die angrenzenden Flächen (Aue) abfliessen, wo sich produktive Gebiete bilden können.



Abb. 23: Über die Vegetation bindet sich fast dreimal so viel Kohlenstoff in den Sedimenten im Biberteich von Marthalen (ZH) als im Wald vor der Ankunft der Nagetiere (Bild: Christof Angst).

Vom Biber geschaffene Feuchtgebiete

Eines der wichtigsten Ziele in der Schweizer Biodiversitätsstrategie ist die Schaffung einer funktionalen ökologischen Infrastruktur (BAFU, 2012). Heute fehlen jedoch 650 000 Hektaren hochwertige Flächen, um dieses Ziel zu erreichen. Davon sind 108 000 Hektaren Wasserlebensräume, die der Biber beeinflussen kann wie z.B. dynamische Fliessgewässer, langsam fliessende und stehende Gewässer, kleine Bäche usw. Der Grossteil dieser Flächen muss im Mittelland gewonnen werden. Ihre Schaffung ist dringend, da sie aufgrund ihrer Funktion als Lebensraumverbindung besonders wertvoll sind (Rutishauser et al., 2023). Die Erholung der Amphibienpopulationen nach der Anlage zahlreicher Teiche im Kanton Aargau über einen Zeitraum von 20 Jahren verdeutlicht dies eindrücklich: Eine starke Erhöhung des Angebots an wertvollen Biotopen ermöglicht es, Amphibienpopulationen zu erhalten und sogar wirksam zu fördern (Moor et al., 2022). Die Biodiversitätsstudie (siehe Kapitel 3) hat gezeigt, dass der Biber mit dem Bau der Dämme ebenfalls zur Entstehung zahlreicher für Amphibien geeigneter Teiche führt. Diese Gewässer zählen zu den artenreichsten und ökologisch wichtigsten Süsswasserlebensräumen. Ihr Wert liegt nicht nur in den einzelnen Teichen, sondern im Netzwerk, das sich über die vom Biber veränderte Gewässerlandschaft bildet. Diese Lebensräume tragen durch ihre Ökosystemleistungen einen wichtigen Beitrag für die Gesellschaft bei, und ein wirksamer Schutz solcher Teichsysteme ist für die Aufrechterhaltung dieser Funktionen unerlässlich (Hill et al., 2018).

Das Biber-Auenmodell zeigt, dass Biber einen grossen Beitrag zur Schaffung dieser wertvollen Lebensräume beitragen können (Abb. 24). Mehr als 45 000 der 108 000 Hektaren nötigen Fläche kann der Biber mit Dämmen gestalten und so zu einem wichtigen Biodiversitätsnetzwerk beitragen. Zwei Drittel dieser Fläche, also 30 000 Hektaren, bieten vor allem aber ein grosses Potenzial für die Natur und es ist nur mit wenig Konflikten auf diesen Flächen zu rechnen. Das sind immerhin rund 40 % der von Rutishauser et al. (2023) geforderten Gewässerlebensräume. Langfristige Lösungen können auch über nationale und kantonale Programme finanziert werden (siehe Kapitel 9).

Die restlichen 15 000 ha kann der Biber ebenfalls beeinflussen, wobei in diesen Gebieten aber ein höheres Konfliktpotenzial vorhanden ist. Durch eine gute Begleitung der Ankunft des Bibers sowie Überlegungen bezüglich möglicher Präventionsmassnahmen könnten aber viele Probleme entschärft und Flächen zugunsten der Natur gewonnen werden (siehe Kapitel 9).



Abb. 24: In Herzogenbuchsee (BE) hat der Biber viele wertvolle Lebensräume für Tiere und Pflanzen entstehen lassen. Es gibt Lösungen, mit denen alle Interessen unter einen Hut gebracht werden können: Hier wurde der von der Überschwemmung betroffene Wald in ein Reservat umgewandelt und die Strasse um einen Meter erhöht. Roter Kreis: Biberburg; rot gestrichelte Linien: Biberdämme (Bild: Christof Angst).

8.2 Der Biber als Partner für die Förderung und Erhaltung der Biodiversität an Gewässern

Eine ökologische Infrastruktur mit einer reichen Biodiversität stützt sich auf Kerngebiete, die der Erhaltung von Lebensräumen und Arten dienen, sowie auf Vernetzungsgebiete zwischen den Kerngebieten. Beide sollen den Arten die Möglichkeit geben, sich zu vermehren, sich zu ernähren und sich fortzubewegen. Die Vernetzung gewährleistet zudem die Verbindung der Lebensräume, die für den Austausch von Populationen zwischen den verschiedenen Kerngebieten unerlässlich ist. Vom Biber beeinflusste Gebiete bieten vielen Arten genau das: Raum für die Fortpflanzung, für die Nahrungssuche, Schutz vor Fressfeinden und die Möglichkeit, andere Lebensräume zu erreichen. Biberreviere können von bedeutender Grösse sein – bis zu mehreren Kilometern lang – und das terrestrische mit dem aquatischen Ökosystem vernetzen. Diese Gebiete stellen somit qualitativ hochwertige Lebensräume und Vernetzungsflächen dar.

Fliessende und stehende Gewässer bilden ein dichtes Netzwerk, das gleichmässig über die ganze Schweiz verteilt ist. Ein bedeutender Teil der Gewässer in der Schweiz befindet sich jedoch in einem beeinträchtigten ökologischen Zustand. Die Effekte des Klimawandels führen zudem dazu, dass viele Arten in diesen Gewässern noch stärker unter Druck kommen, als sie es bereits sind. Trotz der Mittel, die heute für die Revitalisierung von Flüssen bereitgestellt werden, ist diese Situation noch nicht ausreichend verbessert. Daher ist es wichtig, nebst den bereits angegangenen Revitalisierungsmassnahmen auch andere Massnahmen in Betracht zu ziehen, um die Revitalisierung von Gewässern zu unterstützen (Ecoplan, 2021). Wie diese Studie aufzeigt, ist der Biber hierfür ein Partner, der sowohl schnell und effektiv als auch höchst sparsam vorgeht. Er revitalisiert ganze Gewässerabschnitte mit geringem Aufwand und kostenlos.

Es ist auch wichtig, den Biber und sein Schaffen im Lichte der globalen Erwärmung zu betrachten: Biberdämme üben einen direkten Einfluss auf die Hydrologie aus. Die Dämme erzeugen wahrhafte Rückhaltebecken, die auch dann noch Wasser führen können, wenn ein Gewässer austrocknet. Sie fördern die Neubildung von Grundwasser. Auch die Stärke von Hochwassern kann durch Bibersteiche aufgefangen werden. Sie bieten ein enormes Potenzial als natürliche Wasserspeicher. Gemäss Schätzungen aus der Studie geht hervor, dass allein durch die Aktivitäten des Bibers in der Schweiz ein Gesamtvolumen von 1,05–2,22 Millionen m³ Oberflächenwasser zurückgehalten werden könnte, wenn die günstigen Bäche, in denen der Biber wirken kann, besiedelt werden. Und schliesslich beeinflussen Biber auch die Wasserqualität positiv, indem ihre Teiche und Auen beim Abbau von Nitraten helfen und als Kohlenstoffsenken fungieren (siehe Kapitel 5 und 6).

Mit fast 5000 Individuen in 1402 Revieren ist der Biber heute endgültig in die Schweiz zurückgekehrt (Angst et al., 2023). Biberdämme werden entsprechend häufiger das Bild unserer Gewässerlandschaft prägen. Das vorliegende Dokument zeigt alle positiven Auswirkungen des Bibers und seinen Dämmen auf. Die Besiedlung des Schweizer Gewässernetzes durch den Biber bietet also eine grosse Chance für die Unterstützung der Biodiversität und für die Vernetzung wertvoller Lebensräume, und leistet einen Beitrag zur Reduzierung der Folgen der Klimaerwärmung. Indem wir den Gewässern etwas mehr Platz überlassen, kann der Biber als effizienter Partner bei der Wiederherstellung und der Vernetzung von naturnahen Gewässern wirken.

9 Der Biber als Partner in umweltrelevanten Projekten

Wie der Bericht zeigt, verändert der Biber die Gewässerlandschaft aktiv und macht sie lebendiger. In diesem Kapitel wird dargelegt, welchen Mehrwert diese Veränderungen bieten, und wie diese die biologischen, ökologischen und hydrologischen Ziele von umweltrelevanten Projekten effizient und kostengünstig unterstützen können. Dies trifft gleichermassen für die Lebensräume Wasser, Wald, Siedlung und Offenland zu. Zudem wird in diesem Kapitel aufgezeigt, wie Konflikte und Schäden im Rahmen von Projekten nachhaltig reduziert oder vermieden werden können.

9.1 Der Biber als Partner im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich

Die Programmvereinbarungen sind ein zentrales Instrument von Bund und Kantonen für die gemeinsame Umsetzung der Umweltpolitik (BAFU, 2023c). Sie sind bestens dazu geeignet, die Aktivitäten des Bibers in umweltrelevanten Projekten gezielt zu integrieren. So können die Ziele zum Ausbau der ökologischen Infrastruktur effizient, schnell und kostengünstig erreicht werden. In den Programmvereinbarungen legen Bund und Kantone gemeinsam fest, welche Ziele erreicht werden sollen, welche Leistungen ein Kanton in welcher Qualität erbringt, und welche Mittel der Bund dafür zur Verfügung stellt. Die Programmvereinbarungen als Subventionsinstrument basieren auf dem Umweltrecht und leisten einen Beitrag, um die strategischen Ziele des Bundes im Umweltbereich zu erreichen.

Einige Programme eignen sich besonders gut dafür, um den Biber mit seinen Aktivitäten darin aufzunehmen, weil damit deren Zielerreichung unterstützt werden kann. Dabei handelt es sich insbesondere um die Programme «Revitalisierungen», «gravitative Naturgefahren» (Hochwasserschutzprojekte), das Teilprogramm «Waldbiodiversität», sowie das Programm «Landschaft» (Siedlungsentwicklung).

9.2 Handlungsfeld Wasser – der Biber als Partner von Wasserbauprojekten

Bei Wasserbauprojekten wird zwischen Revitalisierungsprojekten nach Gewässerschutzgesetz (GSchG, SR 814.20) und Hochwasserschutzprojekten nach Wasserbaugesetz (WBG, SR 721.100) - unterschieden. Die ökologischen Ansprüche an beide Projekttypen sind grundsätzlich die gleichen (Art. 37 Abs. 2 GSchG). In beiden Fällen muss sowohl im Rahmen von Revitalisierungs-, als auch von

Hochwasserschutzprojekten der natürliche Verlauf des Gewässers möglichst beibehalten oder wiederhergestellt werden. Das Gewässer und der Gewässerraum müssen so gestaltet werden, dass sie zum einen einer vielfältigen Tier- und Pflanzenwelt als Lebensraum dienen können, und zum anderen die Wechselwirkungen zwischen ober- und unterirdischem Gewässer weitgehend erhalten bleiben. Zudem muss eine standortgerechte Ufervegetation gedeihen können. Wie der Bericht aufzeigt, bietet es sich an, das Potenzial des Bibers in Wasserbauprojekte zu integrieren.

a) Der Biber als Partner in Revitalisierungsprojekten

Bei den Revitalisierungen sind grundsätzlich Projekte erwünscht, in denen sich nach dem Entfernen von Verbauungen oder Geschiebesammlern die gewässerdynamischen Prozesse selbsttätig verstärken. Dabei soll insbesondere die natürliche Dynamik der Gewässer genutzt werden, anstatt mittels baulicher Massnahmen allein ein naturnahes Gewässer wiederherzustellen. Auch durch das Zulassen von Biberaktivitäten werden dynamische Prozesse ausgelöst, die die selbsttätige Revitalisierung eines Gewässers ganz im Sinne des Gewässerschutzrechts fördern (BAFU, 2023c). Biberaktivitäten wirken sich insbesondere auf folgende Anforderungen an eine Revitalisierung positiv aus:

- Zulassen einer eigendynamischen Entwicklung der Gewässerstruktur nach ersten technischen Eingriffen.
- Förderung vielfältiger aquatischer, amphibischer und terrestrischer Lebensräume.
- Wiederherstellung einer aquatischen, amphibischen und terrestrischen Längsvernetzung sowie eine räumliche und funktionale Quervernetzung von Wasser und Land (Uferbereich).
- Wiederherstellung einer natürlichen, oder zumindest naturnahen Gewässermorphologie durch die Reaktivierung des naturnahen Geschiebetriebs und durch die Sicherstellung von genügend Gewässerraum unter Beachtung des Hochwasserschutzes.
- Zulassen von dynamischen Strukturen, welche das Gewässer schafft, statt statische, künstliche Strukturen zu erstellen. Es kann je nach Verbauung des Gewässers nötig sein, strömungslenkende Initialstrukturen einzubringen, um eigendynamische Prozesse anzuregen.

Die Aktivitäten des Bibers und die dynamischen Prozesse, die diese auslösen, sind geeignet, um viele dieser konkreten Anforderungen an Revitalisierungsprojekte zu erreichen.

b) Der Biber als Partner in Hochwasserschutzprojekten

Auch Hochwasserschutzprojekte müssen so naturnah wie möglich ausgeführt werden. Insbesondere ist die natürliche Sohlenbreite und ausreichend amphibischer Raum sowie die bestmögliche Wiederherstellung der terrestrischen Längsvernetzung wichtig.

Der Biber kann insbesondere in kleinen Gewässern dazu beitragen, die ökologischen Anforderungen an Hochwasserschutzprojekten effizient und wirkungsvoll zu erreichen. Da die Verbreitung des Bibers in den Fliessgewässern des Mittellandes in den letzten Jahren stark zugenommen hat, sind Biber im Rahmen vieler Wasserbauprojekte bereits heute als potenzielle Partner verfügbar. Oft leben sie in der Nähe eines Projektperimeters, oder sie haben ihr Revier schon unmittelbar vor Ort. Jungbiber müssen freie Gewässerabschnitte finden, um ein eigenes Revier zu etablieren. Es ist daher oft nicht die Frage ob, sondern wann Biber einen Perimeter von Wasserbauprojekten besiedeln und dort zu wirken beginnen. Es lohnt sich daher in jedem Fall den Biber in jedes zukünftige Projekt zu integrieren.

Nicht zuletzt ist es auch möglich, den Biber mit künstlichen Biberdämmen, sogenannte «Beaver Dam Analogs», kurz BDA (Goldfarb, 2018; Pollock et al., 2023; Abb. 25) zu «imitieren» und eine natürliche Dynamik anzustossen. Das System ist in den USA entwickelt worden und BDAs werden dort in grossem Stil eingesetzt, um die Gewässersohle eingeschnittener Bäche zu heben und das Wasser mittelfristig zurück auf die Aue zu führen. BDAs werden aber auch ganz direkt eingesetzt, um die Wahrscheinlichkeit einer Besiedlung durch Biber zu erhöhen. Denn damit kann dem Biber in kleinen Bächen langsam fließendes, tieferes Wasser angeboten werden, welches er für eine Besiedlung

bevorzugt. Oft bauen Biber die BDAs mit ihren eigenen Dämmen weiter aus und verändern die Gewässer mit all ihren Bauten. Sie verstärken damit deren positive Wirkung auf die Artenvielfalt und andere ökologische und hydrologische Prozesse. Sie gleichen damit auch einen Nachteil der BDAs aus, denn ihnen fehlt die bibertypische Dynamik (Wheaton et al., 2019).

Erste BDAs finden sich auch in der Schweiz, hauptsächlich um die Sohle sehr kleiner, eingeschnittener Gewässer wieder anzuheben (Minnig et al., 2022; Werdenberg et al., 2023; Minnig et al. 2024b; Abb. 26). In kleinen Waldbächen können BDAs kostengünstig mit natürlichen Materialien vor Ort hergestellt werden, beispielsweise um Teiche für Amphibien zu bauen (Pellet, 2021).

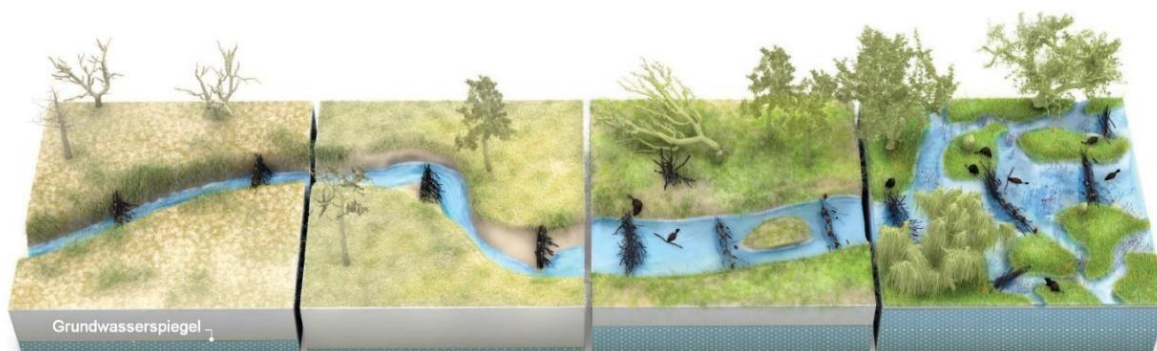


Abb. 25: «Ein Bach erwacht zum Leben». In den USA werden BDAs eingesetzt, um Gewässer zu revitalisieren und Biberpopulationen wieder zu etablieren. Von links nach rechts: 1) Einbringen von BDAs in eingeschnittene Gewässer. 2) BDAs leiten die Strömung um, es kommt zu Ufererosion, das Gewässer verbreitert sich. 3) Biber besiedeln das Gebiet und bauen weitere Dämme. Der Grundwasserspiegel steigt. 4) die Biber schaffen ein dynamisches Netzwerk von Lebensräumen wie z.B. in Abbildung 23 und 24 (Grafik: © Science, V. Altounian in Goldfarb, 2018).



Abb. 26: Mehrere *Beaver Dam Analogs* an einem kleinen, ehemals tief eingeschnittenen Bach in Kaufdorf (BE). Vor dem Bau der BDAs sah der Bach aus wie unterhalb des letzten BDAs. Informationen zum Projekt in Minnig et al. (2024b) (Bild: Christof Angst).

Lässt man dem Biber im Rahmen von Wasserbauprojekten freie Hand, sind Konflikte mit den Zielen des Hochwasserschutzes oder mit der angrenzenden Landnutzung nicht auszuschliessen. Es ist deshalb im Voraus abzuklären, mit welchen geeigneten Massnahmen diese verhindert werden können. In den meisten Fällen gewährleistet der Gewässerraum zwar einen ausreichenden Abstand zwischen den Aktivitäten des Bibers und Infrastrukturen wie Wegen. Fallweise sind jedoch weitere präventive Massnahmen nötig. Dies sind insbesondere:

- **Einbau von Grabschutzgittern:**

Grabschutzgitter können bestehende Infrastrukturen im Gewässerraum oder im Abstand von bis zu 10 m von der Böschungskante vor besonders ausgeprägten Grabaktivitäten schützen (Angst, 2014; Nationale Biberfachstelle, 2025).

- **Punktuelle Abflachung der Ufer:**

Ein abgeflachtes Ufer kann Verkehrswege ohne Grabschutzgitter schützen oder eine starke Ufererosion in der Folge von Grabaktivitäten des Bibers vermeiden, sofern an anderen Stellen genügend steile Böschungen vorhanden sind, welche die Biber dann zum Graben bevorzugen. Die Böschungsneigung sollte nicht grösser als 1:5 bis maximal 1:3 sein. Steilere Ufer, in die Biber ihre Erdbaue graben können, sollten da angelegt werden, wo keine Infrastrukturen geschädigt werden können (Angst, 2014; Angst, 2022).

- **Anpassung des Gerinnequerschnitts:**

Wie die Resultate in Kapitel 3 gezeigt haben, sind es die Biberdämme und alle damit verbundenen weiteren Aktivitäten des Bibers, die einen ökologischen Mehrwert schaffen. Deshalb sollte der Querschnitt eines Gerinnes so bemessen sein, dass selbst mit Biberdämmen von 1 bis 1,5 m Höhe ein durchschnittliches Hochwasser sicher abgeleitet werden kann (mehr zu Biberdammhöhen in der Schweiz siehe Kapitel 5).

- **Anpassung von Drainagesystemen:**

Staut der Biber ein Gewässer auf, kann ein Rückstau in landwirtschaftliche Drainagen die Folge sein. In solchen Fällen kann eine Sammelleitung das Drainagewasser aus der Konfliktzone abführen und an einer flussabwärts liegenden Stelle ins Gewässer einspeisen, wo Biber natürlicherweise nicht stauen oder nach Vereinbarung mit der zuständigen Behörde «nicht stauen dürfen» (Angst, 2014; Abb. 27a-d). Eine solche Anpassung bietet zudem die Möglichkeit, Schieber in die Ableitung einzubauen und so während Trockenperioden Wasser im Boden zurückzuhalten.

- **Anpassung der Grösse von Bachdurchlässen unter Verkehrsinfrastrukturen:**

Ausreichend grosse Bachdurchlässe reduzieren die Gefahr, dass Biber diese mit Dämmen zubauen können, oder von Verklausungen durch Schwemmholz (Angst, 2022; Jensen et al., 1999). Alternativ kann ein Schwemmholzsammler vor dem Durchlass installiert werden.

- **Aufstockung der Ufervegetation:**

Die Ufervegetation, namentlich die Strauch- und Baumvegetation, erfüllt mit der Beschattung gerade im Hinblick auf die klimatischen Veränderungen eine wichtige Funktion. Wird sie vielfältig ausgestaltet, kann der Biber einen Gewässerabschnitt dauerhaft besiedeln, ohne sie zu übernutzen. Zudem bietet eine vielfältige Ufervegetation dem Biber im Winter genügend Nahrung und Holz zum Bau von Dämmen.



Abb. 27a: Zustand des Orpundbachs (BE) vor der Revitalisierung. (Bild: Christof Angst)



Abb. 27b: Revitalisierter Orpundbach. (Bild: Christof Angst)



Abb. 27c: Kontrollschacht der parallel verlaufenden Drainage-Sammelleitung (rot gestrichelte Linie). (Bild: Christof Angst)



Abb. 27d: Ausfluss der Drainage-Sammelleitung in den Orpundbach. Unterhalb des Ausflusses dürfen keine Biberdämme entstehen. (Bild: Christof Angst)

Das Biber-Auenmodell und die Planung von Wasserbauprojekten

Das Biber-Auenmodell (Kapitel 7) kann beigezogen werden, um abschätzen zu können, ob ein Gerinne verbreitert werden sollte, oder auch weitere Präventionsmassnahmen in ein Wasserbauprojekt integriert werden müssen. Zeigt das Modell eine unerwünschte Überflutungswahrscheinlichkeit des angrenzenden Landes durch Biberdämme, sollte eine Vergrösserung des Gerinnequerschnitts an dieser Stelle geprüft werden. Damit lassen sich spätere negative Einflüsse auf die angrenzenden Flächen und Infrastrukturen minimieren. Die Umsetzung dieser Massnahme im Rahmen ohnehin geplanter Wasserbauprojekte kann zukünftige technische Eingriffe und somit finanzielle Ressourcen sparen. Gleichzeitig lassen sich damit die natürliche Dynamik und eine erhöhte Artenvielfalt an einem Standort langfristig sichern. Das Biber-Auenmodell steht den kantonalen Ämtern im «Virtuellen Datenzentrum VDC» von InfoSpecies oder auf der Seite der Nationalen Biberfachstelle zur Verfügung (Dennis et al., 2024; Nationale Biberfachstelle, 2025).

9.3 Handlungsfeld Wald – der Biber und die Waldbiodiversität

Im Rahmen des Teilprogramms «Waldbiodiversität» in den Programmvereinbarungen Wald (BAFU, 2023c) haben Massnahmen zur spezifischen Förderung von national prioritären Lebensräumen wie feuchte Wälder hohe Priorität (siehe auch Vollzugshilfe «Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen»; Imesch et al. (2015). Biber können wertvolle Feuchtbiotope im Wald schaffen (Abb. 28; Bussmann-Charranet al., 2025). Zwar können Waldreservate grundsätzlich unabhängig von Biberbesiedlungen ausgeschieden werden. Doch um ihre positiven Auswirkungen auf die Entstehung und Erhaltung feuchter Wälder zu fördern, sieht das Programm «Waldbiodiversität» explizit das Zulassen von Biberaktivitäten in Waldreservaten als Option vor. Dabei können in Absprache zwischen Kanton und Waldbesitzer Biber und ihre Aktivitäten als fester Bestandteil eines Vertragsabschlusses für ein Natur- oder Sonderwaldreservat aufgenommen werden. Sonderwaldreservate haben dabei den

Vorteil, dass auch Eingriffe zugunsten der Biodiversitätsförderung möglich sind und subventioniert werden.



Abb. 28: Biberrevier bei Hersiwil (SO) als Teil der Biodiversitätsstudie. Nebst dem überfluteten Wald kann der Biber hier auch temporär Wiesen vernässen. Roter Kreis: Biberburg; rot gestrichelte Linien: Biberdämme (Bild: Christof Angst).

Mit dem in Kapitel 7 vorgestellten Biber-Auenmodell können im Rahmen der kantonalen Planung von Waldreservaten geeignete Flächen für die Förderung feuchter Wälder identifiziert werden. Das Miteinberechnen einer zusätzlichen, ausreichend grossen Pufferzone ist empfehlenswert, da Biber auch die unmittelbare Umgebung des vernässten Gebiets nutzen und beeinflussen können. So kann potenziellen Konflikten präventiv begegnet werden.

Wo Konflikte erwartet werden können, sollte daher auch geprüft werden, ob statt eines Naturwaldreservats nicht besser ein Sonderwaldreservat ausgeschieden werden sollte. In diesen können Massnahmen gemäss Leistungsindikator LI 2.2¹¹ des Programms Waldbiodiversität explizit zur Steuerung von Biberaktivitäten eingesetzt werden (BAFU, 2023c; BAFU, 2023d).

¹¹LI 2.2: Massnahmen zur Steuerung von Biberaktivitäten sind mit den Biberverantwortlichen des Kantons oder des BAFU abgesprochen.

9.4 Handlungsfeld Siedlungsraum – der Biber und Siedlungsentwicklungsprojekte

Dörfer und Städte beherbergen bemerkenswert viele Tier-, Pilz- und Pflanzenarten (BAFU 2023a). Bodenversiegelungen, Luftbelastungen, Lichtemissionen, Biozide und Pflanzenschutzmittel sowie die intensive Pflege und monotone Gestaltung von Privatgärten und öffentlichen Freiräumen belasten jedoch die Biodiversität im Siedlungsraum. Der Bund hat deshalb im Landschaftskonzept Schweiz Qualitätsziele festgelegt, damit auch der Siedlungsraum verstärkt einen Beitrag zur Biodiversität und zur ökologischen Vernetzung in der Landschaft leisten kann (BAFU, 2022c).

Dabei kann der Biber eine wichtige Rolle spielen, denn er kann alle Gewässertypen ökologisch aufwerten; so auch die Gewässer im Siedlungsraum. Eine Vielfalt an Pflanzen, Tagfaltern und Vögeln in Grün- und Freiräumen ist zudem nicht nur eine Bereicherung im Sinne der Biodiversitätsförderung, sondern sie wirkt sich auch positiv auf die Menschen aus (Scopelliti et al., 2012; Carrus et al., 2015). Biberteiche ziehen viele Menschen an und begeistern mit ihrer dynamischen Vielfalt. Grün- und Gewässerflächen verbessern zusätzlich die Luftzirkulation und das städtische Mikroklima. Mit dem Klimawandel gewinnen sie – als kühlende Elemente – gerade in den dicht bebauten Städten immer mehr an Bedeutung. Im Siedlungsraum ist es daher besonders bereichernd, das Potenzial des Bibers für artenreiche Feuchtlebensräume bei der Planung von Wasserbauprojekten miteinzubeziehen.

Allerdings ist im Siedlungsraum mit dem Bau von Dämmen auch das Schadenpotenzial hoch. Wie bei anderen Projekten sind gegebenenfalls begleitende Präventionsmassnahmen nötig. Der alles entscheidende Faktor gegen Schäden durch Hochwasser ist auch im Siedlungsraum der Gewässerquerschnitt. Ist er gross genug, können Biber stauen und Teiche anlegen, ohne dass daraus später Konflikte entstehen.

Sämtliche vorgängig unter Wasserbau und Waldbiodiversität aufgeführten Massnahmen gelten sinngemäss auch für das Management von Biberrevieren im Siedlungsbereich und werden hier nicht erneut aufgeführt.

9.5 Handlungsfeld Offenland – Der Biber in der Landwirtschaft

In den Umweltzielen in der Landwirtschaft (UZL) ist festgehalten, dass die landwirtschaftliche Produktion die Ökosystemleistungen der Biodiversität erhalten und fördern soll (BAFU & BLW, 2016). Wie bereits mehrfach erwähnt, trägt der Biber zu dieser Förderung bei, auch im Landwirtschaftsgebiet (Abb. 29). Der Biber kann mit seinen Aktivitäten die landwirtschaftliche Nutzfläche jedoch auch beeinträchtigen, zum Beispiel, wenn Flächen direkt (durch Dämme) oder indirekt (wenn der Biber Drainagen einstaut) vernässt werden. In solchen Fällen sieht die Eidgenössische Verordnung über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSV, SR 922.01) vor, dass Schäden entgolten werden, sofern die zumutbaren Präventionsmassnahmen vorgängig fachgerecht umgesetzt wurden. Der Bund beteiligt sich auch an den Kosten von Präventionsmassnahmen. Als Ultima Ratio sieht die Jagdgesetzgebung auch vor, dass einzelne Biber, die erheblichen Schaden anrichten, getötet werden können. Auch hier ist die Voraussetzung, dass die zumutbaren Präventionsmassnahmen angewendet wurden (für mehr Details wird an dieser Stelle auf die Jagdverordnung JSV verwiesen).

Es gibt jedoch noch weitere Möglichkeiten, potenziellen Konflikten zwischen der Biberpräsenz in Fliessgewässern und den Interessen der Landwirtschaft zu begegnen:

- **Bezeichnung der betroffenen Flächen als «Biodiversitätsförderfläche» (BFF)** vom Typ Extensivwiese, Uferwiese oder Streuwiese: Bei diesem Typ von Biodiversitätsförderflächen werden unproduktive Kleinstrukturen von bis zu 20 % der Gesamtfläche entlang von Gewässern berücksichtigt. Überschwemmungsflächen, Dämme, umgestürzte Bäume und andere vom Biber geschaffene Strukturen könnten somit in diese Kategorie der «unproduktiven Kleinstrukturen»

eingeorordnet werden (Agridea, 2024). Zudem bietet der Typ 16 der BFF durch die regionsspezifische Ausgestaltung zusätzlich Möglichkeiten, die Anwesenheit des Bibers abzubilden und zu entschädigen.

- **Entwicklung einer Massnahme «Vernetzungsprojekt»:** Innerhalb von Vernetzungsprojekten können netzwerkspezifische Massnahmen zur Förderung der Biodiversität definiert und finanziert werden. So könnten beispielsweise durch den Biber verursachte Flächenverluste über dieses Instrument entschädigt werden. Der Nachteil dieser Massnahme ist, dass ihre Anwendung auf die Mitglieder der Vernetzungsprojekte beschränkt ist und somit eine ganze Reihe von Landwirten und Landwirtinnen nicht davon profitieren könnten.
- **Anpassung der Kulturen:** Mit der Anpassung der Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen in unmittelbarer Nähe von Gewässern können sich Synergien zwischen der Anwesenheit des Bibers und der landwirtschaftlichen Produktion entwickeln. So sind althergebrachte Bewirtschaftungsformen wie feuchtes Ackerland (Fabian et al., 2023) oder bewässerte Wiesen nicht nur möglich, sondern auch ökonomisch sinnvoll.



Abb. 29: Biber haben in einem kleinen Bach im Landwirtschaftsgebiet bei Hersiwil (SO) mit mehreren Dämmen ein zusammenhängendes Feuchtgebiet geschaffen, das zwei Waldgebiete miteinander vernetzt. Selbst kleine Vernässungsflächen wie oben links im Bild stärken als wertvolle Feuchtlebensräume und Vernetzungselemente die Biodiversität im Offenland. Roter Kreis: Biberburg; rot gestrichelte Linien: Biberdämme (Bild: Christof Angst).

10 Schlusswort

Die Resultate aus dem nationalen Biberprojekt und die Fülle an internationalen Untersuchungen zeigen eindrücklich, dass der Biber einen grossen Beitrag zu lebendigen, artenreichen und gegen äussere Einflüsse resilienten Bächen beitragen kann. Biber ergänzen die Gewässerdynamik, indem sie vor allem mit dem Bau von Dämmen ständig neue Lebensräume und Strukturen schaffen und diese «autentisch» erhalten.

Um natürliche, komplexe Gewässerlebensräume dauerhaft wiederherzustellen, sind die Aktivitäten des Bibers eine grosse Chance, und es spricht vieles dafür, sie bei der Gestaltung der Umwelt vermehrt und gezielt zu nutzen. Den Biber im Rahmen von Gewässerbauprojekten mit einzuplanen, birgt nicht nur ökologische, sondern auch gesellschaftliche und ökonomische Vorteile, denn seine Aktivitäten sind effektiver als teure und aufwändige technische Massnahmen. Und die vielfältigen Lebensräume, die er gestaltet, bereichern unsere Lebensqualität. Es gibt Möglichkeiten, die unerwünschten Auswirkungen von Biberaktivitäten bereits im Rahmen der Planung von Wasserbauprojekten zu erkennen und sie zu vermeiden. Wenn wir den Biber und sein Verhalten verstehen und richtig in unsere Pläne integrieren, ist es möglich, Konflikten proaktiv zu begegnen. All dies macht den Biber zum unübertroffenen Partner für lebendige Gewässer.

11 Literatur

- Agridea (2024). Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Wegleitung. Grundanforderungen und Qualitätsstufen. Voraussetzungen – Auflagen – Beiträge. 26 S.
- Angst C. (2010). Mit dem Biber leben. Bestandserhebung 2008; Perspektiven für den Umgang mit dem Biber in der Schweiz. Umwelt-Wissen no 1008. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF/CSCF), Neuchâtel. 156 S.
- Angst C. (2014). Biber als Partner bei Gewässerrevitalisierungen. Anleitung für die Praxis. Umwelt-Wissen Nr. 1417. Bundesamt für Umwelt, Bern: 16 S.
- Angst, C. (2022). Biber und SBB-Bahninfrastruktur. Massnahmen und Prävention. 61 S.
- Angst C., Auberson C., Nienhuis C. (2023). Biberbestandserhebung 2022 in der Schweiz und in Liechtenstein. info fauna Biberfachstelle und Fornat AG. 136 S.
- BAFU (2012). Strategie Biodiversität Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. 89 S.
- BAFU (2021a). Renaturierung der Schweizer Gewässer – Stand Umsetzung Revitalisierungen 2011–2019. Bundesamt für Umwelt, Bern. 20 S.
- BAFU (Hrsg.) (2021b). Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer – Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen UW Nr. 2101: 134 S.
- BAFU (Hrsg.) (2022a). Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2207: 89 S.
- BAFU (Hrsg.) (2022b). Rote Liste der Fische und Rundmäuler. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU; info fauna (CSCF). Aktualisierte Ausgabe 2022. Umwelt-Vollzug Nr. 2217: 39 S.
- BAFU (Hrsg.) (2022c). Biodiversität und Landschaftsqualität im Siedlungsgebiet. Empfehlungen für Musterbestimmungen für Kantone und Gemeinden. Bundesamt für Umwelt BAFU. 57 S.
- BAFU (Hrsg.) (2023a). Biodiversität in der Schweiz – Zustand und Entwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU (Hrsg.) (2023b). Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz – Synthese Rote Listen. Bundesamt für Umwelt, Bern et Schweizerisches Informationszentrum für Arten, InfoSpecies. 58 S.
- BAFU (2023c). Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2025 – 2028 Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Umwelt-Vollzug. Bundesamt für Umwelt, Bern. 256 S.
- BAFU (2023d). Biber – Gestalter natürlicher und dynamischer Lebensräume. Merkblatt zum Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich, Periode 2025-2028. 6 S.
- BAFU und BLW (2016). Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 144 S.
- Bashinskiy, I. V. (2020). Beavers in lakes: a review of their ecosystem impact. Aquatic Ecology. <https://doi.org/10.1007/s10452-020-09796-4>
- Berger, K. (2023). Modification and spatial variation of riverine water quality due to beaver damming across Switzerland. Master thesis, Institute of Geography, University of Berne, Switzerland. 137 pp.
- Brazier, R. E., Puttock, A., Graham, H. A., Auster, R. E., Davis, K. H. & Brown, C. M. L. (2020). Beaver: Nature's ecosystem engineers. WIREs Water. 2021;8:e1494. <https://doi.org/10.1002/wat2.1494>

Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel vom 20. Juni 1986 (Stand am 1. Februar 2025) ([Jagdgesetz, JSG, SR 922.0](#))

Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz vom 1. Juli 1966 (Stand am 1. August 2025) ([NHG, SR 451](#))

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. August 2025) ([Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20](#))

Bundesgesetz über den Wasserbau vom 21. Juni 1991 (Stand am 1. August 2025) ([WBG, SR 721.100](#))

Busmann-Charran, K., Vorburger, C., Pärli, R., Angst, C., Bregenzer, I., Burger, S., Dürr, C., Ginzler, C., Gossner, M., Grünig, A., Jutz, X., Küry, D., Lanz, K., Rohner, B., Rutishauser, M., Weber, P. (2025). Biodiversität fördern durch die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder. Synthesezentrum Biodiversität. <http://doi.org/10.55408/eawag:34971>

BUWAL (Hrsg.) (2004). Biologie, Gefährdung und Schutz der Groppe (*Cottus gobio*) in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Vollzug Umwelt Nr. 77: 75 S.

Collin, P. & R. J. Gibson (2001). The general ecology of beavers (*Castor spp.*), as related to their influence on stream ecosystems and riparian habitats, and the subsequent effects on fish – a review. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10: 439–461. <https://doi.org/10.1023/A:1012262217012>

Carrus, G., Scopelliti, M., Laforteza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F., Agrimi, M., Portoghesi, L., Semenzato, P. & Sanesi, G. (2015). Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. Landscape and urban planning, 134, 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.022>

Cutting, K. A., Ferguson, J. M., Anderson, M. L., Cook, K., Davis, S. C., & Levine, R. (2018). Linking beaver dam affected flow dynamics to upstream passage of Arctic grayling. Ecology and Evolution, 8(24), 12905–12917. <https://doi.org/10.1002/ece3.4728>

Dalbeck, L., Janssen, J., & Luise Völsgen, S. (2014). Beavers (*Castor fiber*) increase habitat availability, heterogeneity and connectivity for common frogs (*Rana temporaria*), Amphibia-Reptilia, 35(3), 321–329. <https://doi.org/10.1163/15685381-00002956>

Dalbeck, L. & Weinberg, K. (2009). Kurzfristige Auswirkungen eines Hochwassers auf Amphibien-gemeinschaften in Biberteichen eines Mittelgebirgstales. Zeitschrift für Feldherpetologie 16: 103–114.

Dalbeck, L., Hachtel, M., & Campbell-Palmer, R. (2020). A review of the influence of beaver castor fiber on amphibian assemblages in the floodplains of European temperate streams and rivers. *Herpetological Journal*, 30(3), 135–146. <https://doi.org/10.33256/HJ30.3.135146>

Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). Lebensräume der Schweiz. Ökologie, Gefährdung, Kennarten. 456 p.

Dennis, M., Angst, C., Larsen, J., Rey, E. & Larsen, A. (2024). A national scale floodplain model revealing channel gradient as a key determinant of beaver dam occurrence and inundation potential can anticipate land-use based opportunities and conflicts for river restoration. Global Ecology and Conservation, 56. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03304>

d'Epagnier, R. F. (2023). Beaver impacts on the riverine carbon budget in a study area in Marthalen (CH). Master thesis, Faculty of Science, University of Bern. 98 pp.

Devito, K. J., & Dillon, P. J. (1993). The importance of runoff and winter anoxia to P and N dynamics of a beaver pond. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 50(10), 2222–2234. <http://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/15788>

Dewey, C., Fox, P. M., Bouskill, N. J., Dwivedi, D., Nico, P. & Fendorf, S. (2022). Beaver dams overshadow climate extremes in controlling riparian hydrology and water quality. Nature Communications. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34022-0>

Dittbrenner, B. J., Schilling, J. W., Torgersen, C. E. & Lawler, J. J. (2022). Relocated Beaver Can Increase Water Storage and Decrease Stream Temperature in Headwater Streams. *Ecosphere* 13(7): <https://doi.org/10.1002/ecs2.4168>

Ecoplan (2021). Überprüfung des Gewässerschutzrechts hinsichtlich Klimawandel. Diskussionsgrundlage zur Weiterentwicklung des Vollzugs. Bundesamt für Umwelt, Bern. 54 p.

Esguícero, A. L. & Arcifa, M. S. (2010). Fragmentation of a Neotropical migratory fish population by a century-old dam. *Hydrobiologia*, 638, 41-53. <https://doi.org/10.1007/s10750-009-0008-2>

Fabian, Y., Roberti, G., Zorn, A., Szerencsits, E. & Gramlich, A. (2023). Die Nutzung von vernässenden Ackerflächen neu denken. *Geomatik Schweiz*, 121, (7-8), 2023, 161-164.

Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. Dezember 2025) ([GSchV](#), [SR 814.201](#)).

Giuliani, G., Rodila, D., Külling, N., Maggini, R. & Lehmann, A. (2022). Downscaling Switzerland Land Use/Land Cover Data Using Nearest Neighbors and an Expert System. *Land2022*, 11(5), 615. <https://doi.org/10.3390/land11050615>

Goldfarb, B. (2018). Beaver, rebooted. *sciencemag.org* VOL 360 ISSUE 6393. <https://doi.org/10.1126/science.360.6393.1058>

Grudzinski, B. P., Fritz, K., Golden, H. E., Newcomer-Johnson, T. A., Rech, J. A., Levy, J., Fain, J., McCarty, J. L., Johnson, B., Vang, T. K. & Maurer, K. (2022). A global review of beaver dam impacts: Stream conservation implications across biomes. *Global Ecology and Conservation*. Vol. 37. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02163>

Hägglund, Å., & Sjöberg, G. (1999). Effects of beaver dams on the fish fauna of forest streams. *Forest Ecology and Management*, 115(2-3), 259-266. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00404-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00404-6)

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrn, T., Goulson, D. & de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Halvorsen, M. & Stabell, O. B. (1990). Homing behaviour of displaced stream-dwelling brown trout. *Animal Behaviour*, 39, 1089-1097. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01372.x>

Hill, M. J., Hassall, C., Oertli, B., Fahrig, L., Robson, B. J., Biggs, J., Samways, M.J., Usio, N., Takamura, N., Krishnaswamy, J. & Wood, P.J. (2018). New policy directions for global pond conservation. *Conservation Letters* 2018;11:e12447. <https://doi.org/10.1111/conl.12447>

Höjesjö, J., Økland, F., Sundström, L., Pettersson, J. & Johnsson, J. (2007). Movement and home range in relation to dominance; a telemetry study on brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology*, 70, 257-268. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01299.x>

Imesch, N., Stadler, B., Bolliger, M. & Schneider, O. (2015). Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.

info fauna (2023). Nationale Datenbank der Fauna.

info fauna (2025). Nationale Datenbank der Fauna.

Jensen, P. G., Curtis, P. D. & Hamelin D. L. (1999). Managing Nuisance Beavers Along Roadsides. A Cornell Cooperative Extension Publication. 13 p. ISBN 1-57753-267-8. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4442.7600>

Jonsson, N. (1991). Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic journal of freshwater research*, 66, 20-35.

- Junge, C., Museth, J., Hindar, K., Kraabøl, M. & Vøllestad, L. A. (2014). Assessing the consequences of habitat fragmentation for two migratory salmonid fishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24, 297-311. <https://doi.org/10.1002/aqc.2391>
- Kemp, P. S., Worthington, T. A., Langford, T. E. ., Tree, A. R. J. & Gaywood, M. J. (2012). Qualitative and quantitative effects of reintroduced beavers on stream fish. *Fish and Fisheries* 13, 153-181. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00421.x>
- Kreienbühl, T., Müller, J., Minnig, S. und Zogg, N. (2024). Verhalten von Fischen an Biberdämmen. Untersuchungen mit PIT-Tags. Auftragnehmer: Ecqua GmbH. 67 S.
- Larsen, A., Larsen, J. R., Lane, S. N. (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. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103623>
- Larsen, A., Berger, K., Angst, C., Auberson, C., Ceperley, N., d'Epagnier, R., Robinson, R., Schaepli, B. & Larsen, J. (2024a). Modification and spatial variation of riverine nitrogen and dissolved organic carbon concentrations due to beaver damming across Switzerland. Expertenbericht des Moduls 3.2 des nationalen Biberprojektes «Funktionalität der Stauaktivität des Bibers in der Landschaft – ein Projekt zur Stärkung der ökologischen Infrastruktur». 59 S.
- Larsen, J., d'Épagnier, R., Angst, C., Berger, K., Boek, K., Ceperly, N., Schaepli, B., Thurnheer, S. & Larsen, A. (2024b). Towards a carbon budget for the Marthalen beaver wetland. Expertenbericht des Moduls 3.3 des nationalen Biberprojektes «Funktionalität der Stauaktivität des Bibers in der Landschaft – ein Projekt zur Stärkung der ökologischen Infrastruktur». 11 pp.
- Law, A., McLean, F. & Willby, N. J. (2016). Habitat engineering by beaver benefits aquatic biodiversity and ecosystem processes in agricultural streams. *Freshwater Biology*, 61(4), 486-499. <https://doi.org/10.1111/fwb.12721>
- Law, A., Levanoni, O., Foster, G., Ecke, F. & Willby, N. J. (2019). Are beavers a solution to the freshwater biodiversity crisis? *Diversity and Distributions*, 25(11), 1763-1772. <https://doi.org/10.1111/ddi.12978>
- Lokteff, R. L., Roper, B. B. & Wheaton, J. M. (2013). Do beaver dams impede the movement of trout? *Transactions of the American Fisheries Society*, 142(4), 1114-1125. <https://doi.org/10.1080/00028487.2013.797497>
- Majerova, M., Neilson, B. T., Schmadel, N. M., Wheaton, J. M. and Snow, C. J. (2015). Impacts of beaver dams on hydrologic and temperature regimes in a mountain stream, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 3541–3556, <https://doi.org/10.5194/hess-19-3541-2015>
- Messlinger, U., Achtziger, R, Faltin, I. & Bachmann, M. (2022). Monitoring von Biberrevieren in Westmittelfranken 2022. 117 S.
- Minnig, S., Werdenberg, N., Widmer, A., Polli, T., Egloff, N., Vonlanthen, P. & Angst, C. (2022). Der Natur abgeschaut: «Beaver Dam Analogs». Innovative und kostengünstige Revitalisierungsmethode für natürliche Fließgewässer. *Aqua und Gas* Nr. 4. S. 38-45.
- Minnig, S., Polli, T., Krieg, R., Lüscher, B., Kury, D., Kreienbühl, T. & Jacob, G. (2024a). Expert:innenbericht: Einfluss des Bibers auf die Biodiversität – eine Meta-Analyse. Genossenschaft umweltbildner.ch. Bern: 156 S.
- Minnig, S.; Polli, T.; Werdenberg, N.; Egloff N.; Vonlanthen, P. (2024b). Expert:innenbericht: Beaver Dam Analogs (BDAs) – Monitoring Schlossbach 2022-2028 (Phase 1 2022 - 2024), Genossenschaft umweltbildner.ch, Bern, 39 S.
- Monnerat C., Wildermuth, H. & Gonseth, Y. (2021). Rote Liste der Libellen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU und info fauna – CSCF, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2120: 70 S.

Moor, H., Bergamini, A., Vorburger, C., Holderegger, R., Bühler, C., Egger, S. & Schmidt, B. R. (2022). Bending the curve: Simple but massive conservation action leads to landscape-scale recovery of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(42).

<https://doi.org/10.1073/pnas.2123070119>

Mori, E., Puttock, A., Viviano, A., Mosini, A., Campbell-Palmer, R., Ancillotto, L., Trentanovi, Manuel Scarfò, G., Leoncini, F., Pontarini, R., Mazza, G. & Needham, R. (2024). How much Eurasian beaver activity is there in Italy? Using field signs to monitor and map a returned species. *Mammal Research* 69: 519-532. <https://doi.org/10.1007/s13364-024-00763-0>

Nationale Biberfachstelle (2025). www.biberfachstelle.ch – Informationen im Reiter Management.

Needham, R. J., Zabel, R. W., Roberts, D. & Kemp, P. S. (2025). The impact of reintroduced Eurasian beaver (*Castor fiber*) dams on the upstream movement of brown trout (*Salmo trutta*) in upland areas of Great Britain. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313648>

Nummi P., Liao W., Huet O., Scarpulla E., Sundell J. (2019). The beaver facilitates species richness and abundance of terrestrial and semi-aquatic mammals. *Global Ecology and Conservation*. Vol. 20. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00701>

Ode, T. (2025). Influences of beavers (*Castor fiber*) on the spawning dynamics of trout (*Salmo trutta*) in the North German lowlands – Part 2: Migratory behaviour of sea trout (*Salmo trutta trutta*) at beaver dams. Vortrag am 10. IBS in Schottland, Inverness.

Orazi, V., Hagge, J., Gossner, M. M., Müller, J. & Heurich, M. (2022). A Biodiversity Boost From the Eurasian Beaver (*Castor fiber*) in Germany's Oldest National Park. *Front. Ecol. Evol.*, 13. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.873307>

Pellet, J. (2021). Projet pilote dans les forêts cantonales du Jorat. Rapport interne, bureau n+p.

Pollock, M. M., Lewallen, G. M., Woodruff, K., Jordan C. E. & J. M. Castro Eds. (2023). *The Beaver Restoration Guidebook: Working with Beaver to Restore Streams, Wetlands, and Floodplains*. Version 2.02. United States Fish and Wildlife Service, Portland, Oregon. 189 pp.

Puttock, A., Graham, H. A., Cunliffe, A. M., Elliott, M. & Brazier, R. E. (2017). Eurasian beaver activity increases water storage, attenuates flow and mitigates diffuse pollution from intensively-managed grasslands. *Science of The Total Environment*. Vol. 576. Pages 430-443. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.122>

Rahm, U. und Bättig, M.(1996). *Der Biber in der Schweiz. Bestand, Gefährdung, Schutz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. 68 S.

Rosell, F., Bozser, O., Collen, P. & Parker, H. (2005). Ecological impact of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal review*, 35(3-4), 248-276. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2005.00067.x>

Rosell, F. & Campbell-Palmer, R. (2022). *Beavers Ecology, Behaviour, Conservation, and Management*. Oxford University Press. 454 pp. <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198835042.001.0001>

Rutishauser, E., Heussler, F., Petitpierre, B., Künzle, I., Lischer, C., Rey, E., Sartori, L. Gonseth, Y. & Eggenberg, S. (2023). Wie viel Fläche braucht die Artenvielfalt der Schweiz? Analyse zu bestehender Qualitätsfläche und zum Flächenbedarf basierend auf den Funddaten der nationalen Arten-Datenzentren. InfoSpecies. Neuenburg.

Ruzich, J., Turnquist, K., Nye, N., Rowe, D. & Larson, W. A. (2019). Isolation by a hydroelectric dam induces minimal impacts on genetic diversity and population structure in six fish species. *Conservation Genetics*, 20, 1421-1436. <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01220-1>

Scopelliti, M., Carrus, G., Cini, F., Mastandrea, S., Ferrini, F., Laforteza, F., Agrimi, M. G., Salbitano, F., Sanesi, G. & Semenzato, P. (2012). Biodiversity, Perceived Restorativeness and Benefits of

Nature: A Study on the Psychological Processes and Outcomes of On-Site Experiences in Urban and Peri-Urban Green Areas in Italy. *Landscape and Urban Planning*. 134.

Seibold, S., Gossner, M. M., Simons, N. K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarli, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J. C., Linsenmair, K. E., Nauss, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.-D., Vogt, J., Wöllauer, S. & Weisser W. W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, Vol. 574, 671-673. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>

Sommer R., Ziarnetzky V., Messlinger U. & Zahner V. (2018). Der Einfluss des Bibers auf die Artenvielfalt semiaquatischer Lebensräume – Sachstand und Metaanalyse für Europa und Nordamerika. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. Ausgabe 3/2019.

Stocker G. (1985). Biber (*Castor fiber*) in der Schweiz. Probleme der Wiedereinbürgerung aus biologischer und ökologischer Sicht. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf. 149 p.

Taylor, B. R., Macinnis, C. & Floyd, T. A. (2010). Influence of rainfall and beaver dams on upstream movement of spawning Atlantic salmon in a restored brook in Nova Scotia, Canada. *River Research and Applications*, 26, 183-193. <https://doi.org/10.1002/rra.1252>

Taylor, M. K. & Cooke, S. J. (2012). Meta-analyses of the effects of river flow on fish movement and activity. *Environmental Reviews*, 20, 211-219. <https://doi.org/10.1139/a2012-009>

Tedford, R. H. & Harrington, C. R. (2003). An Arctic mammal fauna from the Early Pliocene of North America. *Nature* 425, 388–390. <https://doi.org/10.1038/nature01892>

Verordnung über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel vom 29. Februar 1988 (Stand am 1. Februar 2025) ([Jagdverordnung, JSV, SR 922.01](#)).

Vonlanthen, P., Périat, G., Kreienbühl, T., Schlunke, D., Morillas, N., Grandmottet, J.-P. & Degiorgi, F. (2018). IAM – Eine Methode zur Bewertung der Habitatsvielfalt und -attraktivität von Fliessgewässerabschnitten. «Wasser Energie Luft» - 110. Jahrgang, Heft 3, 201-207.

Wheaton J. M., Bennett S. N., Bouwes, N., Maestas J. D. & Shahverdian S. M. Eds. (2019). Low-Tech Process- Based Restoration of Riverscapes: Design Manual. Version 1.0. Utah State University Restoration Consortium. Logan, UT. <http://lowtechpbr.restoration.usu.edu/manual>

White, S. M., & Rahel, F. J. (2008). Complementation of habitats for Bonneville cutthroat trout in watersheds influenced by beavers, livestock, and drought. *Transactions of the American Fisheries Society*, 137(3), 881-894. <https://doi.org/10.1577/T06-207.1>

Wolf, J. M., Clancy, N. G., & Rosenthal, L. R. (2022). Bull Trout passage at beaver dams in two Montana streams. *bioRxiv*, 202209 <https://doi.org/10.1101/2022.09.10.507435>

Werdenberg, N., Widmer, A. & Honegger, P. (2023). Konzept Schwammland – Naturbasierte Lösungen für Klimaschutz, Klimaanpassung, Wasserressourcenmanagement und Biodiversitätsförderung in der Landschaft. Emch+Berger AG Bern. 40 S.

Wingfield Twining, C., Shipley, J. R. & Winkler, D. W. (2018). Aquatic insects rich in omega-3 fatty acids drive breeding success in a widespread bird. *Ecology Letters* 21, 1812-1820. <https://doi.org/10.1111/ele.13156>

Woo, M. K., & Waddington, J. M. (1990). Effects of beaver dams on subarctic wetland hydrology. *Arctic*, 223-230. <https://doi.org/10.14430/arctic1615>

Zahner, V., Schmidbauer, M., Schwab, G. & Angst, C. (2022). Der Biber – Baumeister mit Biss. Südost Verlag. 191 S.