



7 Biodiversität der Gewässer

Die umfangreichen Wasserressourcen der Schweiz sind von grossem Wert für Gesellschaft, Wirtschaft und Natur.¹

Naturnahe Gewässer sind von grossem ästhetischen und emotionalen Wert für die Bevölkerung.^{2,3} Auch der Tourismus profitiert.⁴

Revitalisierte Gewässer in Siedlungsnähe sind wertvolle Erholungslandschaften und bei der urbanen Bevölkerung äusserst beliebt.^{2,5}

Überschwemmungsflächen können Hochwasserspitzen glätten und damit Hochwasserschäden vermeiden – gerade in Zeiten des Klimawandels, in denen Extremwetterereignisse häufiger werden.⁶

Gewässer sind produktive Lebensräume. Sie liefern hochwertige Nahrung auch für Tierarten auf dem Land.^{7,8}

Anglerinnen und Angler fangen jährlich zwischen 400 und 550 Tonnen Fisch, die Berufsfischerei zwischen 1000 und 1600 Tonnen (Durchschnitt 2010–2024).⁹

Kleingewässer wie Bäche, Weiher und Tümpel bieten zahlreiche Ökosystemleistungen.¹⁰ Unter anderem haben sie ein hohes Potenzial als Kohlenstoffsinken.¹¹

80 % des Trinkwassers stammen in der Schweiz direkt aus dem Grundwasser oder aus Quellen.¹⁴ Unbelastete und naturnahe Lebensräume im Einzugsgebiet der Trinkwasserfassungen sind zentral, um diese lebenswichtige Ressource zu erhalten.¹⁵

Teiche im urbanen Raum tragen dazu bei, ökologische und gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen, etwa den Wärmeinseleffekt und das Hochwasserrisiko.¹² Sie können einen wichtigen Beitrag zur Lebensqualität der urbanen Bevölkerung leisten.¹³

Ein genügend grosser Gewässerraum mit einer ausgeprägten Ufervegetation hat ein hohes Potenzial für den Nährstoffrückhalt aufgrund biochemischer und physikalischer Prozesse.¹⁶

Gewässerorganismen reinigen Flüsse und Seen, indem sie organisches Material abbauen.¹⁷

7.1 Überblick

Die Gewässer der Schweiz – von grossen Seen und Grundwasserkörpern über Flüsse, Bäche und Quellen bis hin zu Tümpeln – bieten vielfältige Leistungen für Mensch und Natur. Sie sind prägende Elemente der Landschaft und essenziell für den Hochwasserschutz, die Trinkwasserversorgung und die Erholung der Bevölkerung. Besonders revitalisierte und naturnahe Gewässer haben einen hohen ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wert. Diese Werte wurden in den letzten beiden Jahrzehnten zunehmend anerkannt → **Kap. 7.2**, was wichtige gesetzliche Änderungen zur Verbesserung des Gewässerschutzes zur Folge hatte, darunter die Revision des Gewässerschutzgesetzes (SR 814.20) im Jahr 2011 und das neue Bundesgesetz über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden (SR 813.1, SR 814.20, SR 910.1) im Jahr 2023.

Alle Gewässertypen haben in den vergangenen 200 Jahren erhebliche ökologische Verluste erlitten – durch Verbauung, Regulierung, Schad- und Nährstoffeinträge, Nutzung der Wasserkraft, Eindolung, Verfüllung (Weiher und Tümpel) und invasive gebietsfremde Arten → **Kap. 7.3**. Während sich die Wasserqualität in Teilen verbessert hat, bleiben generelle strukturelle und biologische Defizite bestehen. In den letzten Jahrzehnten zeigten Revitalisierungen lokal positive Effekte, sie sind aber oftmals zu kleinräumig und generell noch nicht häufig genug.

Aktuelle Ursachen der Veränderungen

Die intensive Wasserkraftnutzung führt zu Schwall-Sunk, Barrieren für Fische und ökologisch problematischen Restwasserstrecken. Die gesetzlich vorgesehene Sanierung der Auswirkungen der Wasserkraftnutzung bis 2030 verläuft bisher zu langsam → **Kap. 7.4.1**. Pestizide, Arzneimittel, Industriechemikalien und sogenannte Ewigkeitschemikalien wie PFAS beeinträchtigen zudem Gewässerorganismen selbst in niedrigen Konzentrationen → **Kap. 7.4.2**. Besonders in kleinen Fliessgewässern werden Grenzwerte für Pestizide häufig überschritten. Viele Seen sind trotz Rückgang der Phosphoreinträge durch Rücklösung von früher in den Sedimenten eingelagertem Phosphor weiterhin belastet. In einige Seen wird zudem auch heute noch zu viel Phosphor eingetragen. Die Folge ist Sauerstoffmangel im Tiefenwasser, wodurch die Artenvielfalt in Seen beeinträchtigt wird → **Kap. 7.4.3**. Invasive gebietsfremde Arten verdrängen heimische Arten → **Kap. 7.4.4**. Ihre Ausbreitung wird durch den geschädigten Zustand vieler Gewässer begünstigt. Der Klimawandel erhöht die Wassertemperaturen, verändert Abflussmuster und gefährdet dadurch zahlreiche Arten → **Kap. 7.4.5**. Fehlende Uferbeschattung und unzureichende Gewässerräume verstärken den Stress zusätzlich.

Entwicklung seit 2010

Die Lebensraumeignung für Fische wird bei fast drei Vierteln der untersuchten Flüsse und vielen Bächen als ungenügend bewertet, viele Fischarten sind gefährdet → **Kap. 7.5.1**. Zwar nimmt die Artenzahl häufiger Arten in manchen Höhenlagen zu, doch spezialisierte und kälteangepasste Arten nehmen ab. Das weist auf eine biologische Verarmung und Vereinheitlichung der Gewässerlebensgemeinschaften hin. In den Auen von nationaler Bedeutung fehlt oft die Dynamik, und Revitalisierungen sind noch zu selten, wodurch sie ihren Auencharakter verlieren → **Kap. 7.5.2**. In Amphibienlaichgebieten konnte dafür der Rückgang der Amphibienarten gestoppt werden, auch wenn in ihnen im Durchschnitt heute weniger Arten leben als in den 1980er Jahren.

Weichenstellung für eine biodiverse Zukunft → Kap. 7.6

Um die Biodiversität in unseren Gewässern langfristig zu sichern und zu fördern, braucht es vor allem mehr Raum, mehr natürliche Dynamik wie Wasserstands-Schwankungen, eine konsequente ökologische Sanierung der Wasserkraftnutzung und eine gute Wasserqualität. Ziel muss die Schaffung resilienten Gewässer- und Auenlebensräume sein, die auch unter veränderten klimatischen Bedingungen funktionsfähig bleiben. Ebenso wichtig ist es, Gewässer und ihr Umland stärker miteinander zu verknüpfen. Wasser- und Landlebensräume bilden funktionale Einheiten, deren Zusammenspiel entscheidend ist für vielfältige Lebensgemeinschaften. Um diese Wechselwirkungen zu erhalten, braucht es eine sektorübergreifende Planung und Zusammenarbeit. Dabei kann auch die Natur selbst zur Verbündeten werden: Der Biber wirkt als kostengünstiger Ökosystem-Ingenieur.

Entscheidend ist zudem, dass bestehende gesetzliche Vorgaben nicht nur auf dem Papier bestehen, sondern flächendeckend umgesetzt werden. Das betrifft etwa die Sanierung der Wasserkraft, die Festlegung von Gewässerräumen, die Umsetzung von Revitalisierungen und die Einhaltung der numerischen Anforderungen an die Wasserqualität. Wo nötig, sollten Planungs- und Bewilligungsverfahren vereinfacht werden, um Massnahmen effizienter realisieren zu können. Besonderes Augenmerk verdienen auch Quellen, Tümpel, Weiher, kleine Bäche und Grundwasser. Sie beherbergen eine oft übersehene, aber hochspezialisierte Biodiversität. Diese Lebensräume brauchen mehr Forschung, gezielte Schutzmassnahmen und eine stärkere Berücksichtigung in der Raumplanung.



Das Leben unter Wasser entzieht sich oft der menschlichen Wahrnehmung. Doch in Gewässern herrscht eine faszinierende biologische Vielfalt. Foto: Michel Roggo

Biologische Vielfalt der Gewässer

Die Schweiz gilt als Wasserschloss Europas. Alle Flüsse und Bäche zusammen bilden ein weit verästeltes Netz vom Hochgebirge bis in die tiefen Lagen mit einer Gesamtlänge von rund 65 000 Kilometern. Hinzu kommen verschiedenste stehende Gewässer – vom grossen Genfersee über kleine Gebirgsseen bis hin zu Weihern und Tümpeln.

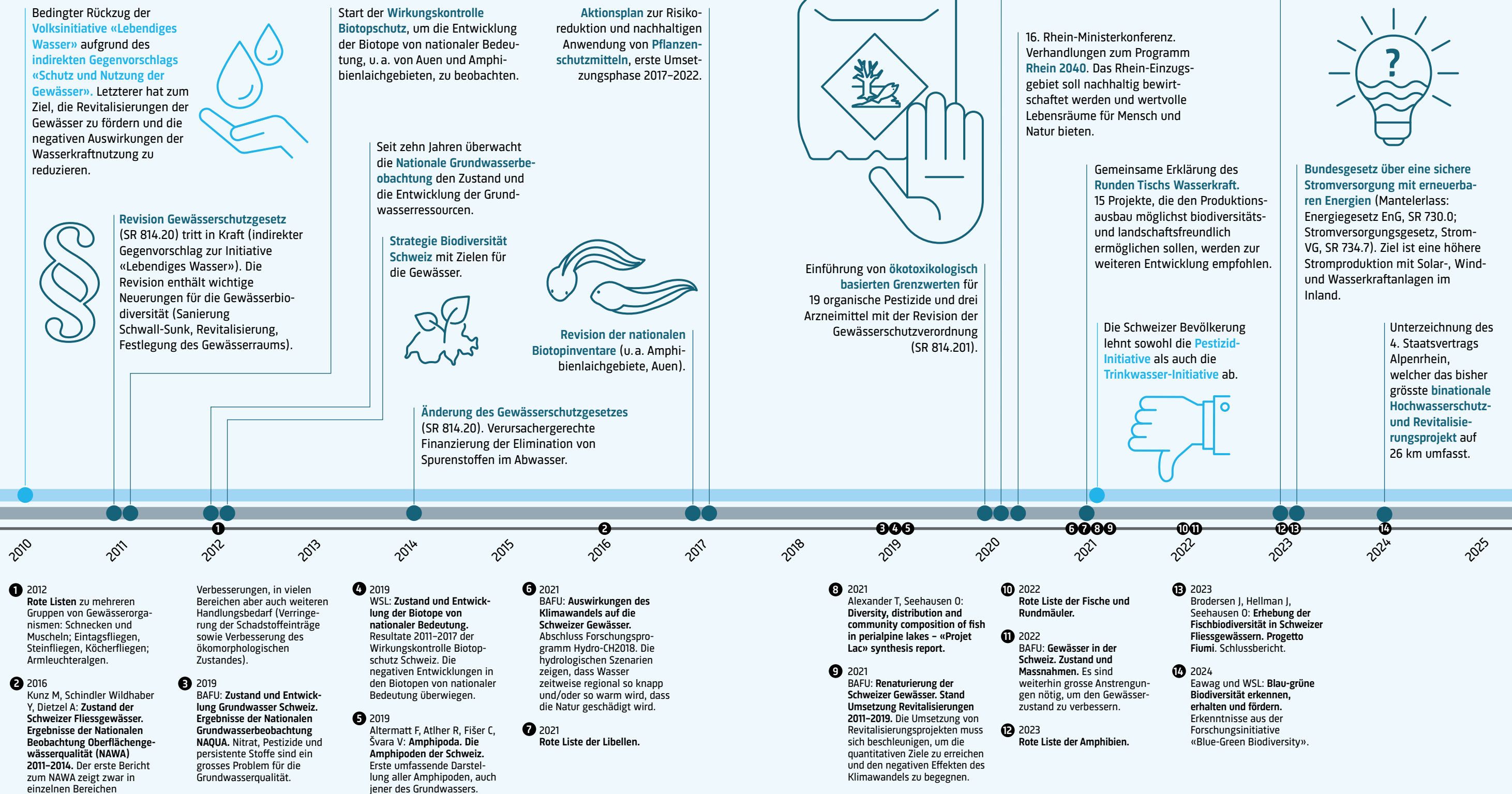
Die Schweizer Seen und Flüsse beherbergen aussergewöhnlich vielfältige Fischarten-Gemeinschaften.^{18, 19} Vor allem die Felchenvielfalt in den nördlichen Schweizer Alpenrandseen ist europaweit einmalig.²⁰ Rund eine halbe Million Wasservögel (2010–2024) überwintern jährlich auf Schweizer Gewässern.²¹ Bei einigen Wasservogelarten halten sich jeweils international bedeutende Anteile des europäischen Bestandes in der Schweiz auf. Auch kleine Stillgewässer wie Weiher und Tümpel weisen in ihrer Gesamtheit einen grossen biologischen Reichtum auf und bringen Vielfalt in die Landschaft.²² Hier leben Arten, die in anderen Gewässertypen nicht vorkommen.

Beachtliche Ausmasse hat der Lebensraum Gewässer unter unseren Füüssen: Rund 150 Milliarden Kubikmeter Grundwasser sind im Schweizer Untergrund gespeichert. Hier leben hochspezialisierte, zum Teil endemische Arten.²³ Wo Grundwasser an die Erdoberfläche tritt, entstehen Quell-Lebensräume. Unverbaut bilden sie zusammen mit ihrer näheren Umgebung einen faszinierenden und wertvollen Lebensraum.²⁴ Das ganzjährig kühle und nährstoffarme Wasser bietet ideale Bedingungen für spezialisierte Organismen.

Besonders biodivers sind die Übergänge zwischen Gewässer und Land. Nirgendwo wird dies deutlicher als bei den Auen. Diese dynamischen, von Wasser geprägten Lebensräume entstehen in Überschwemmungsgebieten von Flüssen und Seen. Die wechselnden Wasserstände und die erosive sowie aufbauende Kraft des Wassers und des Geschiebes schaffen ein vielfältiges, sich stetig umformendes Lebensraum-Mosaik aus aktiven Wasserläufen, Altwässern, Weihern, Tümpeln, Feucht- und Trockenwiesen, Kiesinseln sowie Weich- und Hartholz-Auenwäldern.

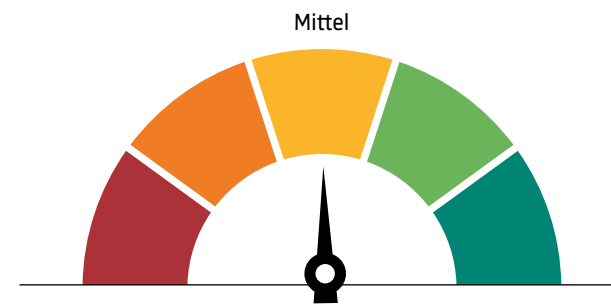
7.2 Wichtige Ereignisse zwischen 2010 und 2025

● Gesellschaft ● Politik und Verwaltung ● Wichtige Publikationen



7.3 Entwicklung seit 1900

Zustand 1900



Ausgangslage 1900

Quantitative und qualitative Beeinträchtigung von Flüssen und Bächen sowie Verlust von Auen bereits vor 1900 durch Gewässerverbauungen zur Landgewinnung, durch Massnahmen zum Hochwasserschutz und zur Stromproduktion²⁵ sowie durch Industrie- und Haushaltsabwässer. Langstrecken-Wanderfische wie der Stör zum Teil bereits ausgestorben, ebenfalls typische Arten der grossen dynamischen Flüsse.²⁶

Viele Seeufer bereits beeinträchtigt, viele Seen bereits reguliert und Seespiegel abgesenkt (Verlust von Lebensräumen und gestörte ökologische Prozesse).

Wichtige Rolle des Wassers in der Landschaft für die Menschen bis weit ins 19. Jahrhundert. Weiher und Teiche liefern Fische und Krebse, Löschwasser, Eis oder Wasser zum Einweichen von Hanfstauden.²⁷ Verlust zahlreicher natürlicher Weiher und Tümpel bereits vor 1900 durch Entwässerungen, Seeregulierungen und die beginnende Zerstörung der Auen.

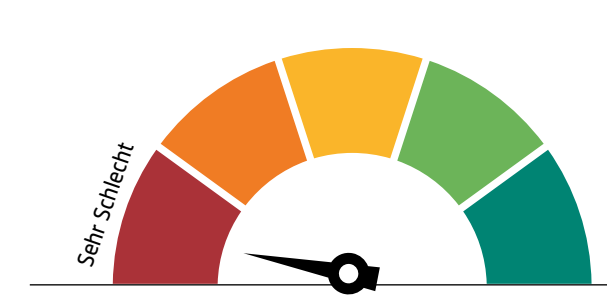
Zustand 1940er Jahre



1900 bis 1940er Jahre

- ↓↓ Verbauung vieler Fliessgewässer. Sinkende Vernetzung von Gewässern und Land.²⁸
- ↓ Zunehmende Regulierung von Seen.²⁹ Dadurch Schwund der natürlichen Dynamik im Uferbereich.
- ↓↓ Bau von Laufkraftwerken.^{30, 31} Zwischen 1900 und 1950: Einstau fast aller grossen Flüsse. Bau zahlreicher Stauseen mit negativen Auswirkungen auf Gewässerlebensräume (z. B. Schwall-Sunk, reduzierte Abfluss- und Geschiebedynamik, beeinträchtigte Vernetzung, höhere Wassertemperatur im Staubereich).³²
- ↓ Sinkende Wasserqualität trotz des Baus erster Kläranlagen.^{33, 34}
- ↓ Verlust unzähliger Weiher, Teiche und Tümpel durch Gewässerkorrekturen und Grundwasserabsenkungen entlang der Fliessgewässer, Seeregulierungen und Verfüllungen.

Zustand 1970er Jahre



1940er bis 1970er Jahre

- ↓ Regulierung fast aller grösserer Seen.²⁹ Verbauung weiterer Fliessgewässer.
- ↓ Eindolung von Bächen, vor allem im Landwirtschaftsgebiet tiefer Lagen und im Siedlungsraum.
- ↓ Massive zusätzliche Verluste von kleinen Stillgewässern durch Meliorationen mit Drainagen, Verfüllung sowie generell der Rationalisierung der Landwirtschaft, Strassenbau und Siedlungsausdehnung.
- ↓↓ Einsetzendes wirtschaftliches Wachstum nach dem Krieg: Fehlende und überlastete Kläranlagen trotz steigendem Ausbau.³⁴ Phosphoreinträge beeinträchtigen die Wasserqualität massiv. Eutrophierung der Seen. Verlust zahlreicher Fisch-, Armleuchteralgen-, Planktonarten, darunter auch endemische Arten.^{26, 36, 62}

Zustand Jahrtausendwende



1970er Jahre bis Jahrtausendwende

- ↓ Stark beeinträchtigte Ökomorphologie bei Fliessgewässern (z. B. Laufstruktur, Ufergestaltung, Substratvielfalt, Anbindung an Auen): Anhaltende negative Auswirkungen auf Biodiversität. Regulierungen und Uferverbauungen an Seen bleiben bestehen und werden fortgeführt. Anhaltende Verluste bei den kleinen Stillgewässern. Sinkende Lebensraumqualität von Weihern durch Nährstoff- und Pestizideinträge, falsche oder mangelnde Pflege sowie Sukzession. Tiefpunkt der Artenvielfalt und Bestandsdichte bei Makrozoobenthos zwischen 1960 und 1980.³⁷
- ↑↑ Verbot der Verwendung von Phosphaten in Textilwaschmitteln (1986). Reduktion des Nährstoffeintrags durch mehr und verbesserte Kläranlagen.³⁸ Dadurch markante Verringerung des Nährstoffgehalts in Gewässern. Erholung von bestimmten Tier- und Pflanzenarten infolge verbesserter Wasserqualität.³⁹
- ↓ Erbe der Eutrophierung in den Seesedimenten beeinflusst viele Seen bis heute negativ → Kap. 7.4.3.
- ↓ Zunehmende Beeinträchtigung (insbesondere von Bächen) durch Pestizide, Arzneimittel und andere Mikroverunreinigungen.
- ↓↓ Zunehmende Besiedlung der Flüsse und Seen durch Neobiota (z. B. Erstnachweis der Wandermuschel um 1962).⁴⁰ Massive Zunahme ab 1992 durch die Eröffnung des Rhein-Main-Donau-Kanals → Kap. 7.4.4.

Die Plattform der Wasser-Timeline präsentiert die Geschichte des Schweizer Gewässerschutzes der letzten 200 Jahre für Flüsse und Seen in Form einer virtuellen Zeitleiste mit etwa 200 Meilensteinen in Bild, Text und Ton. → wassertimeline.ch



Starke Verbesserung



Verbesserung



Gegenläufige Trends



Verschlechterung



Starke Verschlechterung

Zustand 2025



Jahrtausendwende bis 2025

Ökomorphologie vieler Gewässer weiterhin in schlechtem Zustand.^{41, 42} Rund ein Viertel aller Fließgewässerstrecken: Künstlich, stark beeinträchtigt oder sogar eingedolt. Fragmentierter Lebensraum durch mehr als 100 000 Durchgangshindernisse mit einer Höhe von über 50 cm. Im intensiv genutzten Mittelland: Fast die Hälfte der Fließgewässer weit vom ursprünglichen Zustand entfernt.

- ↓ Verschärfung der schlechten ökologischen Situation durch den Klimawandel. Zwar Zunahme der Artenvielfalt in höheren Lagen durch Klimawandel. Klimawandel bedroht aber kälteangepasste Arten⁴³ und beeinträchtigt generell die Wasserführung infolge Trockenheiten sowie die Temperatur der Gewässer → Kap. 7.4.5.
- ↑ Lokal Verbesserung der ökologischen Situation durch Ausbau von Kläranlagen mit einer Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen und Massnahmen in der Landwirtschaft.
- ↑ Lokal Verbesserung durch Gewässerrevitalisierungen. Revitalisierungen aber oftmals zu kleinräumig und generell noch nicht häufig genug.
- ↓ Nach wie vor erhebliche Defizite bei der Gewässerqualität in bestimmten Seen. Zu hohe Nährstoffkonzentrationen, Mikroverunreinigungen und Sauerstoffdefizite im Tiefenwasser in gewissen Seen. Die Hälfte der grossen Seen erreicht die Anforderungen der GSchV nicht. Nach wie vor künstliche Belüftung von vier grösseren Seen³⁹ → Kap. 7.4.3.
- ↓ Verbliebene und isolierte Auengebiete nach wie vor mit wenig natürlicher Dynamik → Kap. 5.3.
- ↑ Neuerstellung von Weihern: Positive Wirkung auf Lebensraumangebot und Vernetzung, allerdings auf tiefem Niveau.

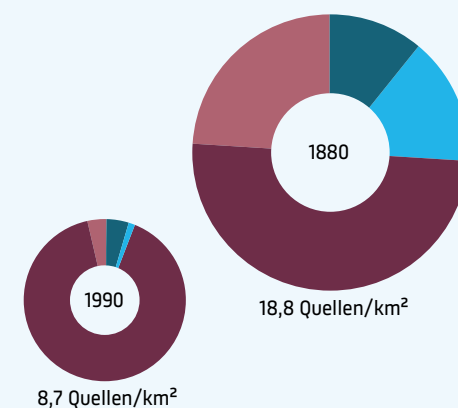
Gewässerlebensräume mit ungenügender Datengrundlage

Grundwasser

Wie die Grundwasserqualität werden auch die Vielfalt der Grundwasserfauna sowie Verbreitungsmuster der Arten von der Landnutzung beeinflusst. So finden sich in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft (Ackerbau) signifikant weniger Grundwasserflohkrebse.⁴⁴ Und die Diversität an Mikroorganismen ist unter landwirtschaftlich genutzten Flächen im Grundwasser fünfmal tiefer als im Grundwasser unter dem Wald.⁴⁵

Quellen

Neun von zehn Quell-Lebensräume in der Schweiz wurden durch menschliche Eingriffe zerstört oder in einen naturfremden Zustand versetzt (z. B. Quelfassung). Zu den häufigsten Beeinträchtigungen gehören Quelfassungen, Drainagen, Trittschäden auf Weiden, der Bau von Strassen und Wegen oder Nährstoffeinträge. Der Klimawandel verstärkt durch den zunehmenden Wasserbedarf von Gemeinden und Landwirtschaft den Druck auf die verbliebenen Quellen.



Dichte und ökologischer Zustand von Quellen 1880 und 1990 im Mittelland

Die Grösse der Ringe stellt die Anzahl Quellen pro Quadratkilometer dar. Viele Quellen in der Landschaft sind verschwunden. Von den verbliebenen Quellen ist der Grossteil gefasst. Daten: ⁴⁶

- Bachanfänge ● Quelle ohne Quelfbach
- Gefasste/eingedolte Quelle
- Gefasster Grundwasseraufstoss

Natürliche Quellen und ihr Umfeld bilden auf engstem Raum einen artenreichen und faszinierenden Lebensraum. Ein Mosaik aus vernässten Laubschichten, Rieselfluren, Tümpeln und Quellschächeln schafft vielfältige Kleinstlebensräume. Weil Temperatur, Strömung und Nährstoffgehalt von Quelle zu Quelle variieren, ist jeder dieser Lebensräume einzigartig. Foto: Beat Schaffner



7.4 Aktuelle Ursachen der Veränderungen

7.4.1 Starke Nutzung der Wasserkraft, schleppende Umsetzung von ökologischen Sanierungsmassnahmen

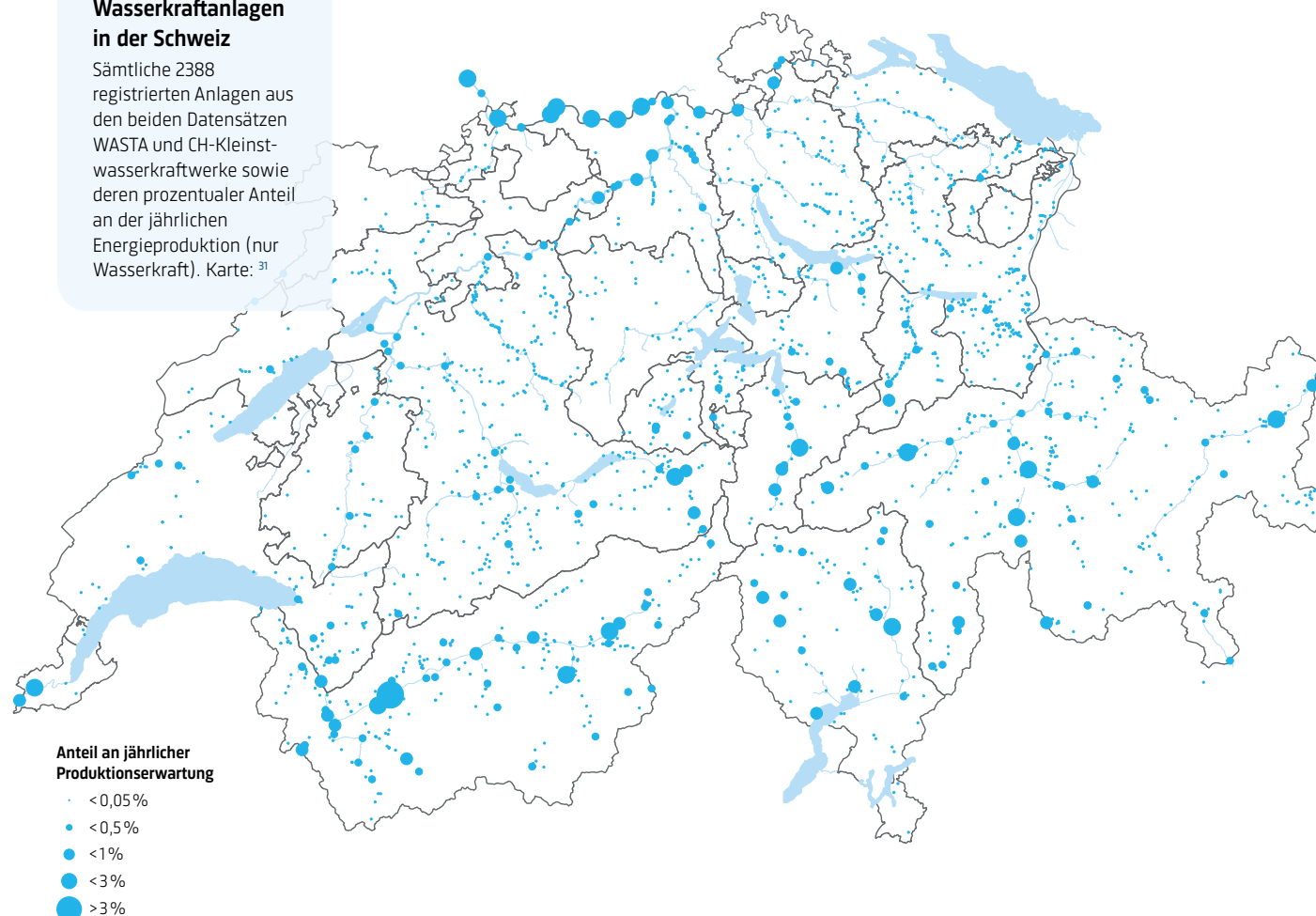
Rund 90 % der für die Energieproduktion geeigneten Fliessgewässer werden hydroelektrisch genutzt. 2024 waren 2388 Wasserkraftwerke registriert, die sich über die ganze Schweiz verteilen.³¹ Während die Wasserkraft eine wichtige erneuerbare Energiequelle ist, verändert ihre Gewinnung Gewässerlebensräume tiefgreifend.

Staustufen und Staudämme halten Geröll, Kies und Sand zurück, die den Lebensräumen flussabwärts fehlen, verändern die Abflussdynamik, erhöhen die Wassertem-

peraturen, weil sich das Wasser im Staubereich stärker erwärmt als in einem natürlichen Fluss und blockieren Fischwanderungen. Problematisch sind auch die schnellen und wiederholten Änderungen des Wasserabflusses (Schwall-Sunk). Gewässerlebewesen werden dadurch weggeschwemmt oder verenden beim Absinken des Wasserspiegels. Bei der Passage durch Wasserkraftturbinen können Fische schwer verletzt werden, jeder fünfte Fisch wird gar getötet.⁴⁸ Das revidierte Gewässerschutzgesetz (SR 814.20) von 2011 verlangt die Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf die Gewässer bis 2030. Doch das Umsetzungstempo der Sanierungen im Bereich Wasserkraft ist viel zu langsam, um dieses Ziel zu erreichen.

Dichtes Netz an Wasserkraftanlagen in der Schweiz

Sämtliche 2388 registrierten Anlagen aus den beiden Datensätzen WASTA und CH-Kleinstwasserkraftwerke sowie deren prozentualer Anteil an der jährlichen Energieproduktion (nur Wasserkraft). Karte: ³¹



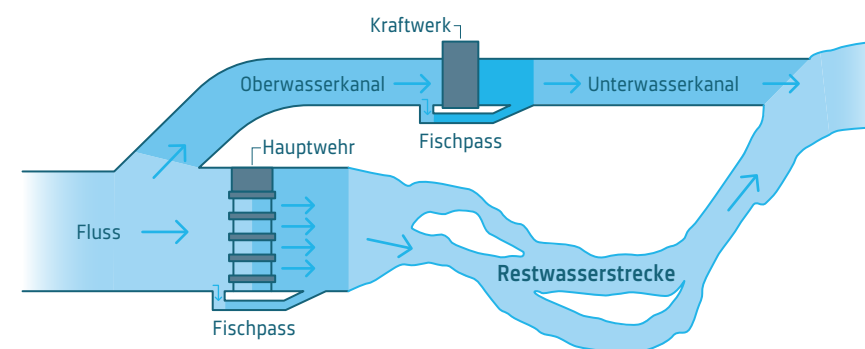
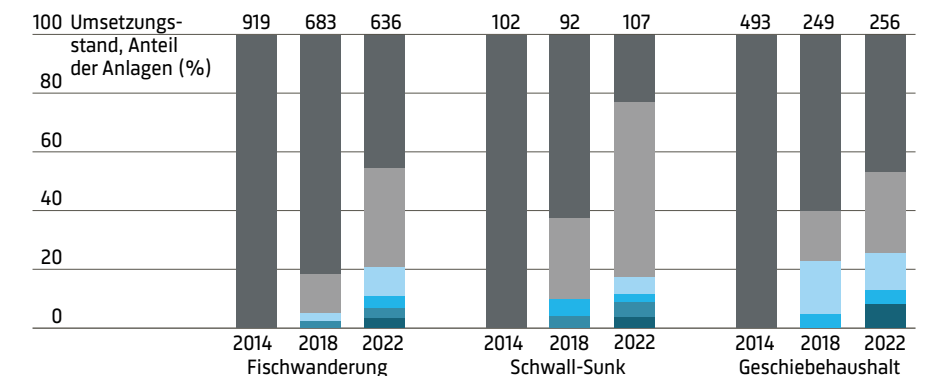
Wehre, Wanderlust und Wiederkehr

Barrieren wie Wehre führten in der Schweiz zum Aussterben von mehreren Fischarten wie dem Lachs oder Maifisch, die weite Distanzen wandern. Sie gefährden auch den Bestand von Kurzstanz-Wanderern wie der Nase oder Seeforelle, weil die Fische von ihren Fortpflanzungsorten abgeschnitten werden und in weniger geeigneten Habitaten ablaichen müssen. Nachgewiesen sind auch genetische Unterschiede zwischen getrennten Populationen.⁵¹ Fischauf- und abstiegshilfen können diesen negativen Effekt nachweislich mildern.⁵² Das Bild zeigt das Wehr Neuwelt an der Birs bei Basel. Es ist nicht nur mit einem Fischaufstieg ausgestattet, sondern auch mit einem Fischabstieg (Rampe rechts). Foto: Armin Peter

Entwicklung der Umsetzung in den Bereichen Sanierung Wasserkraft

Daten: ⁴⁷

- Strategische Planung
- Variantenstudium
- Massnahmenplanung
- Massnahmenbau
- Wirkungskontrolle
- Saniert



Immer weniger Restwasser

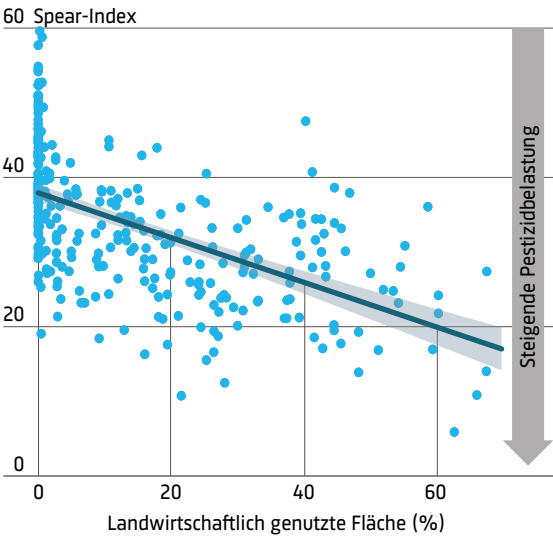
Als der Bundesrat 2022 die Verordnung über die befristete Erhöhung der Stromproduktion bei Wasserkraftwerken (SR 531.65) befristet in Kraft gesetzt hat, wurden vielerorts die Restwassermengen reduziert, damit mehr Wasser für die Stromproduktion genutzt werden kann. Dies hatte nachweislich negative Auswirkungen auf die Gewässerökologie.⁴⁹ Dabei waren die zuvor festgelegten Mindestrestwassermengen in der Schweiz bereits niedriger, als ökologische Untersuchungen empfohlen hatten.⁵⁰ Die Problematik akzentuiert sich im Zuge des Klimawandels und des allgemein schlechten Gewässerzustands.

7.4.2 Mikroverunreinigungen
schädigen Gewässerorganismen

Mikroverunreinigungen wie z. B. Pestizide und Arzneimittel gelangen aus der Landwirtschaft und den Siedlungsgebieten in die Gewässer. Rund 150 Wirkstoffe wurden in Schweizer Gewässern und ihren Sedimenten nachgewiesen – teilweise 100 in einzelnen Gewässern und bis zu 65 in einer einzigen Probe.⁵³ Trotz ihren geringen Konzentrationen können sie aufgrund ihrer Toxizität schädliche Auswirkungen auf Gewässerlebewesen haben. Vor allem in kleinen und mittleren Fliessgewässern werden ökotoxikologische Grenzwerte (numerische Anforderungen der Gewässerschutzverordnung, GSchV, SR 814.201) verbreitet und wiederholt überschritten. Darüber hinaus beeinträchtigen diese Mikroverunreinigungen auch Ökosystemleistungen wie den Laubbau oder die Trinkwasserqualität.⁵⁴ Verunreinigt werden Gewässer auch durch sogenannte Ewigkeitschemikalien wie die PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen), die nahezu nicht abbaubar sind und an knapp der Hälfte der NAQUA-Messstellen im Grundwasser nachgewiesen wurden.⁵⁵

Der in der GSchV vorgegebene Ausbau der Kläranlagen mit einer Reinigungsstufe zur Entfernung von Mikroverunreinigungen hat den Eintrag von Arzneimitteln in Gewässer deutlich reduziert: Das laufende Ausbauprogramm führte zu einer Halbierung der Fliessgewässerstrecke mit Grenzwertüberschreitungen.⁵⁶ Massnahmen an weiteren Kläranlagen sind jedoch notwendig.

Dank diversen Massnahmen in der Landwirtschaft war die Anzahl Grenzwertüberschreitungen im Jahr 2022 gegenüber den Vorjahren leicht rückläufig.⁵⁷ Die Messungen der kommenden Jahre werden zeigen, ob sich dieser Befund auch zukünftig bestätigt. Das Ziel, die Fliessgewässerstrecken mit Grenzwertüberschreitungen zu halbieren, wurde bisher nicht erreicht → Kap. 5.4.4.

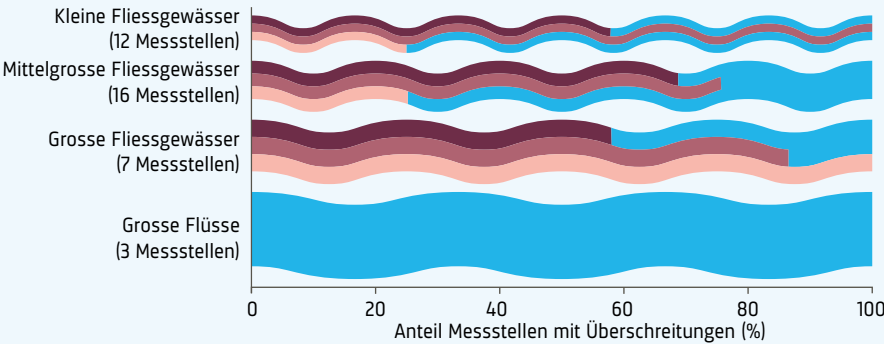


Pestizidbelastung reduziert den Anteil empfindlicher Wasserorganismen

Wirbellose Wasserlebewesen, die empfindlich auf Pestizide reagieren, sind umso seltener, je grösser der Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche im Einzugsgebiet ist (Untersuchungsflächen unterhalb von 1000 m ü. M.). Der SPEAR-Index basiert auf der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft und Empfindlichkeit von wirbellosen Wasserlebewesen gegenüber Pestiziden. Ein hoher SPEAR-Index-Wert bedeutet, dass das Gewässer kaum durch Pestizide belastet ist und empfindliche Arten dort leben können. Auch Daten zu Grundwasserflohkreben haben aufgedeckt, dass die Landnutzung im Umkreis von bis zu einem Kilometer um Wasserfassungen die Vorkommen dieser empfindlichen Tiere beeinflusst.⁴⁴ Wasserfassungen in der Nähe von Wäldern enthalten häufiger Flohkrebse als solche in Ackerbaugebieten. Daten: Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)

Überschreitungen
der ökotoxikologischen
Grenzwerte für Pestizide
und Arzneimittel in
Bächen und Flüssen

Einige der Pestizide wurden inzwischen entweder verboten oder in ihrer Anwendung stark eingeschränkt, weshalb eine künftige Verringerung der Belastung durch diese Substanzen zu erwarten ist. Stand 2023. Daten: Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA TREND)



Numerische Anforderungen der Gewässerschutzverordnung
● Nicht überschritten ● 19 Pestizide: stoffspezifische Anforderungen überschritten
● Weitere Pestizide: generelle Anforderung überschritten ● 3 Arzneimittel: stoffspezifische Anforderungen überschritten



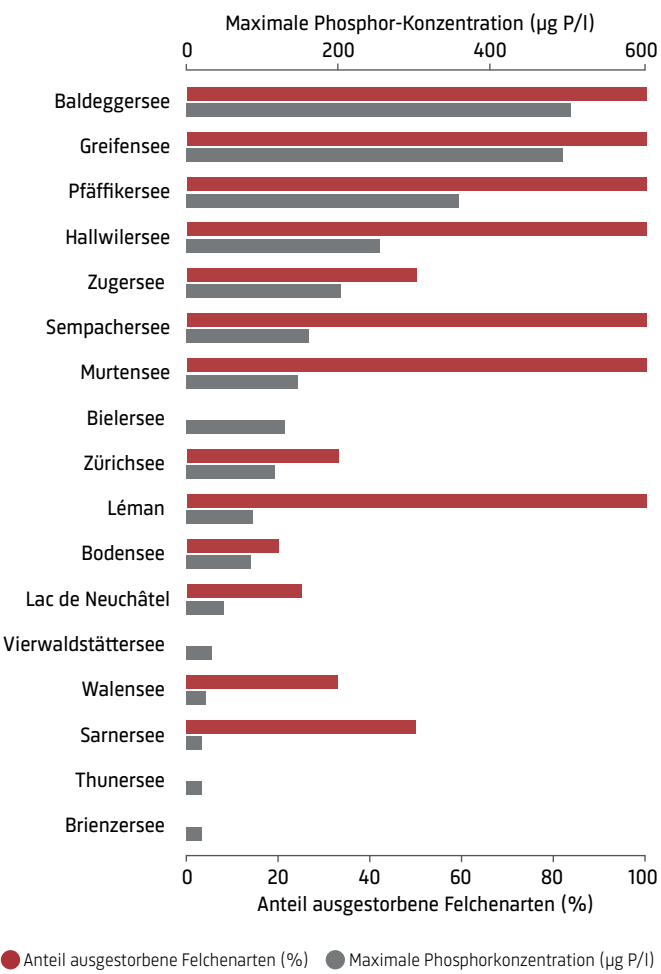
Köcherfliegenlarven sind Bioindikatoren für sauberes Wasser – ihr Vorkommen zeugt von guter Gewässerqualität. Pestizide gefährden die Vielfalt dieser empfindlichen Organismen. Foto: Michel Roggo

7.4.3 Eutrophierung wirkt nach – die Seen leiden weiter

Die übermässigen Phosphoreinträge in die Schweizer Flüsse und Seen vor allem in den 1950er- bis 1980er Jahren hatten unter anderem ein starkes Algenwachstum zur Folge. Der Abbau dieser Biomasse führt zu Sauerstoffzehrung in den eutrophierten Gewässern und damit zu Sauerstoffmangel, was zum Aussterben von vielen empfindlichen Fischarten und anderen Gewässerlebewesen führte.^{58, 59}

Heute verfügen Seen wie der Neuenburgersee, der Bodensee (Obersee) und der Vierwaldstättersee wieder ganzjährig über ausreichend Sauerstoff. Viele andere Seen erfüllen hingegen die Anforderungen an den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser nicht, obwohl heute viel weniger Nährstoffe wie Phosphor in die Gewässer gelangen. Doch das Erbe der früheren Nährstoffeinträge wiegt schwer: Im Genfersee erfolgt beispielsweise rund ein Drittel der Sauerstoffzehrung in den Sedimenten, wo Mikroorganismen unter Verbrauch von Sauerstoff organisches Material abbauen, das sich in den letzten Jahrzehnten am Gewässergrund abgelagert hat.⁶⁰ Zudem wird in einigen Seen, wie z. B. im Baldegger- und Sempachersee, auch heute noch zu viel Phosphor eingetragen. In vielen Seen ist eine Naturverlaichung der Fische im Tiefenwasser wegen des Sauerstoffmangels bis heute nicht möglich.

Hinzu kommt der Klimawandel: Weil sich grössere Seen wie Zürichsee oder Genfersee vermehrt weniger gut durchmischen, werden diese Seen schlechter mit Sauerstoff versorgt, so dass sich der von Sauerstoffarmut betroffene Anteil des Tiefenwassers trotz verringertem Phosphoreintrag erhöht hat.



Anteil ausgestorbener endemischer Felchenarten in Abhängigkeit der Phosphoreinträge in die Gewässer

In den Schweizer Seen leben viele endemische Fischarten – Arten, die weltweit nur hier vorkommen.⁶¹ Während der Überdüngungsphase starben viele davon aus, die auf sauerstoffreiche Tiefenzonen angewiesen sind – insbesondere in der Tiefe lebende Felchenarten. Die heutige Fischartenzusammensetzung in den Schweizer Seen ist stark vom maximalen Phosphorgehalt der Seen in den 1960er- bis 1980er Jahren geprägt. Daten: ⁶²

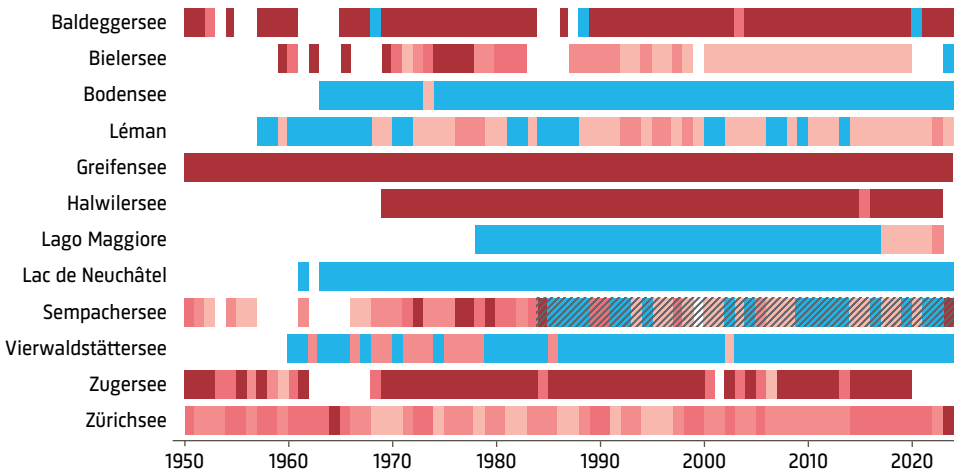
Entwicklung der sauerstoffarmen Zone im Tiefenwasser von Seen

Nicht alle Seen in der Schweiz haben während des ganzen Jahres genügend Sauerstoff.¹ Daten: Kantone

Anteil der sauerstoffarmen Zone im Tiefenwasser (< 4 mg Sauerstoff pro Liter)

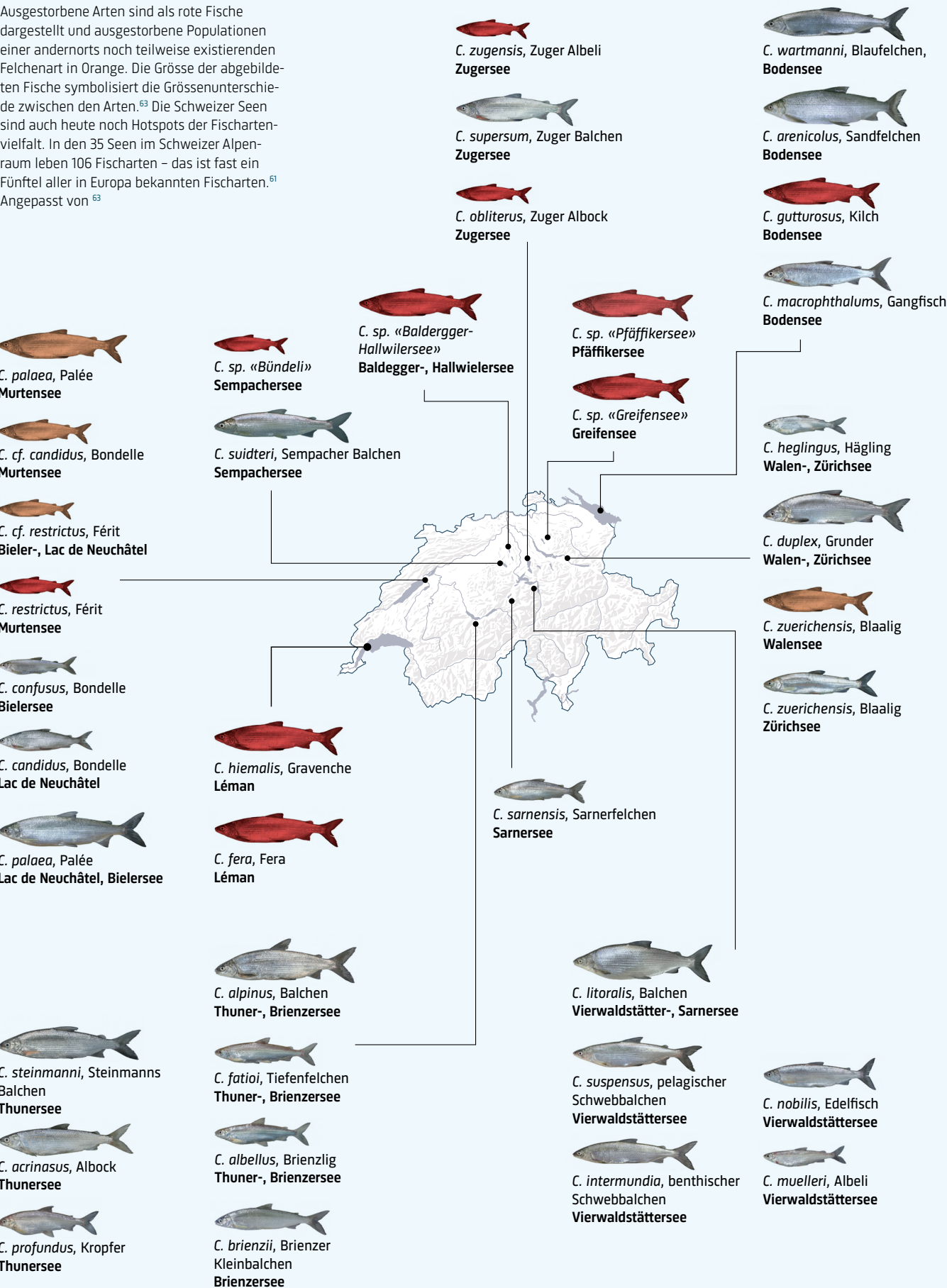
● 0% ● 1–10% ● 11–30% ● 31–50% ● > 50%

▨ Belüftet ○ Keine Daten



Felchenvielfalt in Schweizer Seen

Ausgestorbene Arten sind als rote Fische dargestellt und ausgestorbene Populationen einer andernorts noch teilweise existierenden Felchenart in Orange. Die Grösse der abgebildeten Fische symbolisiert die Grössenunterschiede zwischen den Arten.⁶³ Die Schweizer Seen sind auch heute noch Hotspots der Fischartenvielfalt. In den 35 Seen im Schweizer Alpenraum leben 106 Fischarten – das ist fast ein Fünftel aller in Europa bekannten Fischarten.⁶¹ Angepasst von ⁶³

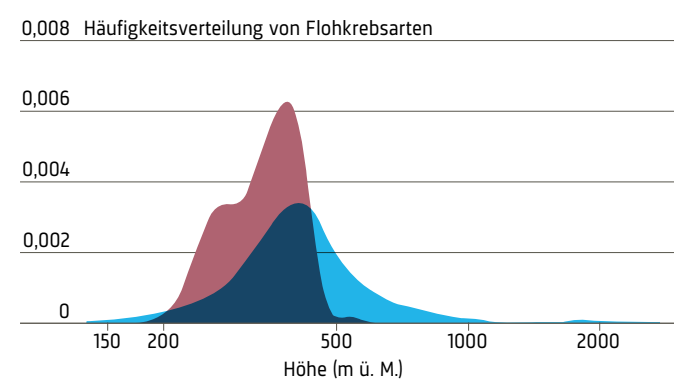
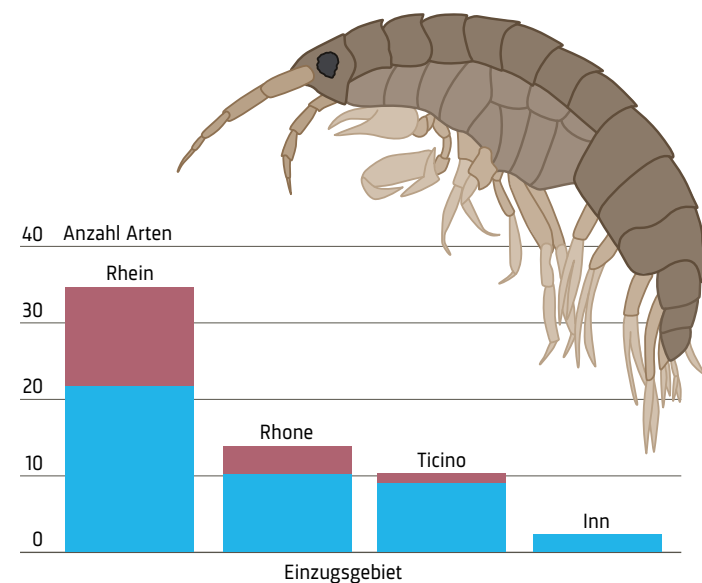


7.4.4 Immer mehr gebietsfremde Arten

Gebietsfremde Arten sind nicht heimische Organismen, die sich infolge menschlicher Aktivitäten ausbreiten und in einem neuen Gebiet etablieren. Verursachen die Arten ökologische, wirtschaftliche oder gesundheitliche Schäden, spricht man von invasiven gebietsfremden Arten → Kap. 3.4.5. Viele dieser Arten konkurrieren mit einheimischen Arten um Lebensraum und Ressourcen und verdrängen diese (z. B. bei den Amphibien^{68, 69}). In der Schweiz sind vor allem die Gewässerlebensräume stark betroffen.

In allen grossen Flüssen sowie in den Seen haben sich in den letzten Jahrzehnten viele gebietsfremde Arten massiv ausgebreitet (z. B. Fische wie die Schwarzmeergrundel, Muscheln, amerikanische Flusskrebse).^{64, 65} Ihr Anteil an der Artenzahl sowie an der Individuendichte hat laufend zugenommen.⁶⁶ In den letzten Jahren sind mehrere als besonders invasiv geltende Arten dazugekommen, allen voran die Quagga-Muschel und mehrere Flohkrebse.⁶⁷

Die Strategie des Bundes zur Bekämpfung invasiver gebietsfremder Arten konzentriert sich auf Prävention, frühzeitige Erkennung und rasche Reaktion, um die Ausbreitung zu verhindern. Sobald sich invasive Arten etabliert haben, wird ihre Eindämmung und Bekämpfung schwierig und kostspielig.



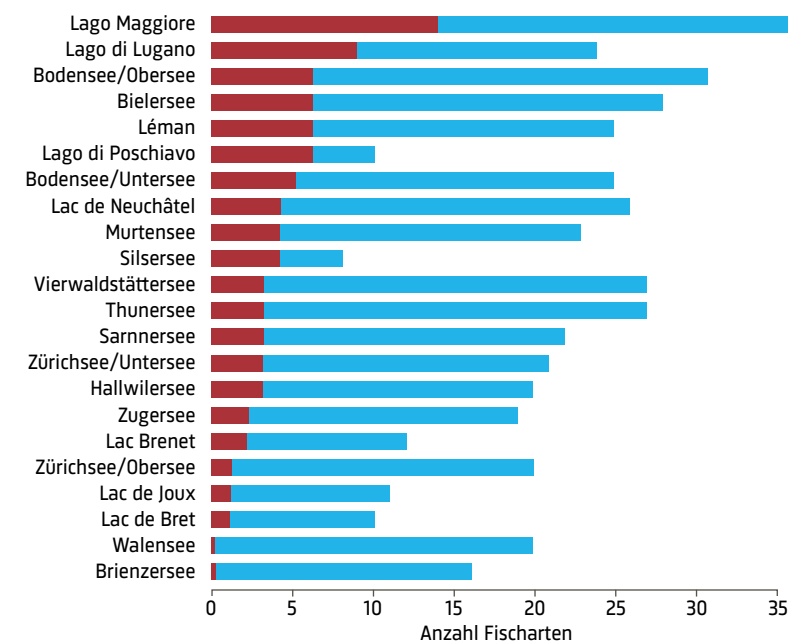
Anzahl und Höhenverteilung von gebietsfremden Flohkrebsearten in der Schweiz

Oben: Im Rhein ist rund ein Drittel aller dort lebenden Flohkrebsearten gebietsfremd. Unten: Flohkrebse haben ihren Verbreitungsschwerpunkt vor allem in tieferen Lagen unterhalb von 500 m ü. M. Dort müssen sie zunehmend mit gebietsfremden Arten konkurrieren. Daten: ²³

Anteil gebietsfremder Fischarten in Schweizer Seen

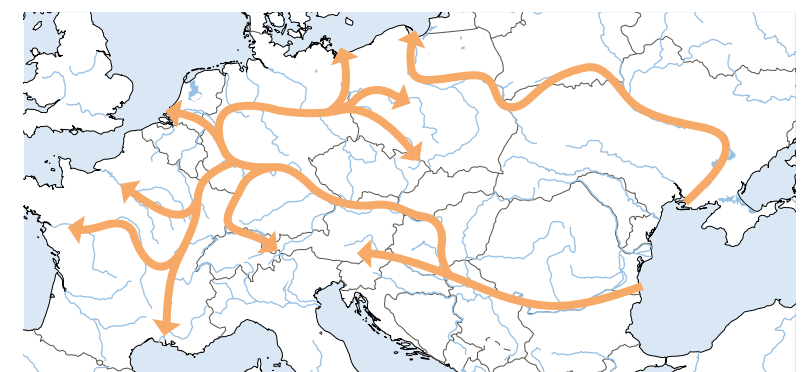
Vor allem tieferliegende Seen werden durch zahlreiche gebietsfremde, teilweise invasive Fischarten besiedelt. Allerdings wurden auch viele kleinere alpine Seen, die hier nicht aufgeführt sind, mit nordamerikanischen Salmoniden besetzt, was einen starken Eingriff in die jeweiligen Gewässer bedeutet. Daten: ⁶¹

● Heimisch
● Gebietsfremd



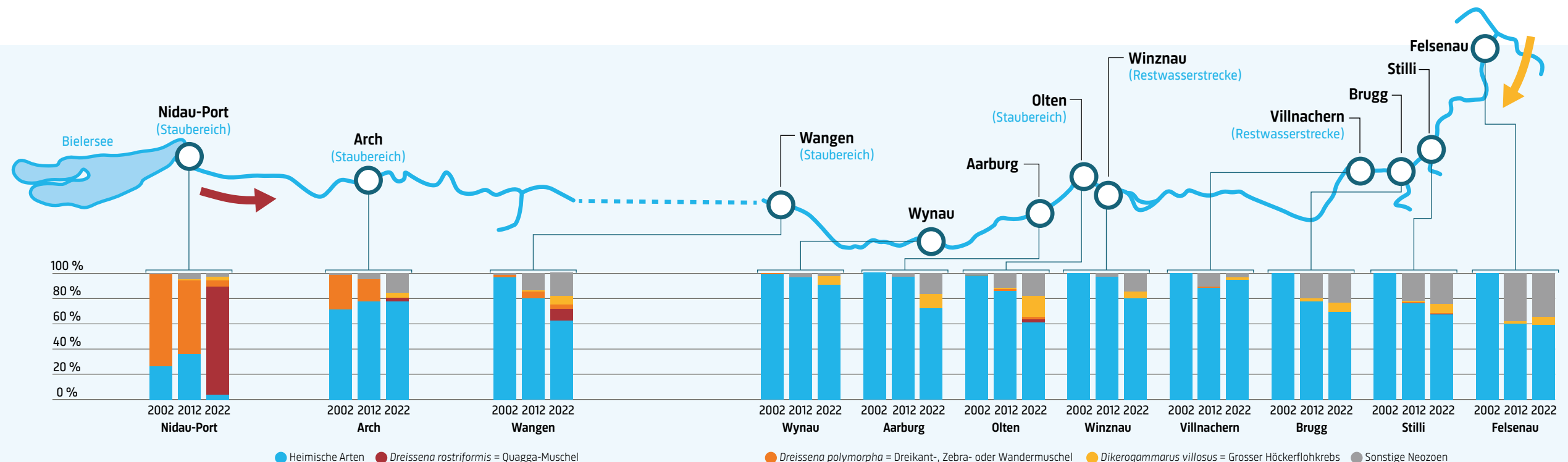
Ausbreitungsrouten von gebietsfremden Arten

In die Schweiz gelangen die Arten vor allem über den 1992 eröffneten Rhein-Main-Donau-Kanal. Die Arten trafen vor allem im Rhein unterhalb von Basel auf einen bereits stark geschädigten Lebensraum: Infolge des Grossbrandes von Schweizerhalle von 1986 waren grosse Teile des Gewässers biologisch tot. Die neue Verbindung mit dem Verbreitungsgebiet anderer Arten ab 1992 führte zur kompletten Umgestaltung der Fauna. Daten: ²³



Zunahme invasiver gebietsfremder Gewässerlebewesen in der Aare zwischen Hochrhein und Bielersee

In den letzten 20 Jahren ist der Anteil gebietsfremder wirbelloser Arten an der Gesamtdichte der Lebewesen deutlich gestiegen. Vor allem der invasive Grosse Höckerflohkrebs (gelb) breitete sich aus. In dem untersuchten Abschnitt der Aare war er 2012 zwar bereits über die gesamte Länge verbreitet, die Dichten haben seitdem aber stark zugenommen. Die invasive Zebra- oder Wandermuschel (orange) wird zunehmend von der sich stark ausbreitenden Quagga-Muschel (rot) verdrängt. Daten: ⁶⁶



7.4.5 Klimawandel erhöht den Druck auf Gewässerorganismen zusätzlich

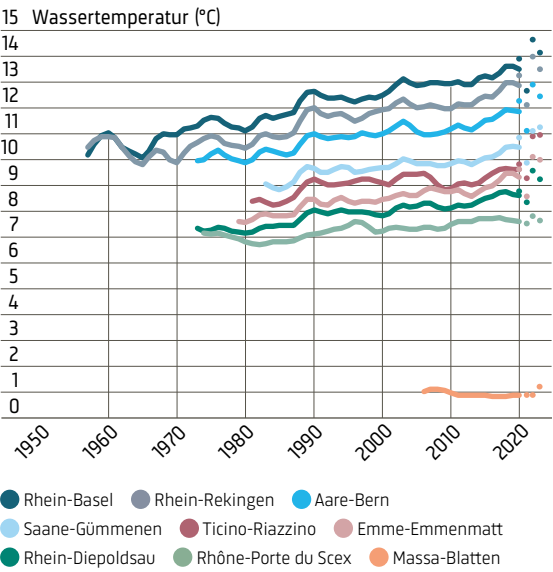
Der Klimawandel trifft auf Gewässerlebensräume mit grossen ökologischen Defiziten und verschärft die Situation für viele Arten.⁷⁰ Das Wasser der meisten Schweizer Flüsse wird mit dem Klimawandel nachweislich immer wärmer,⁷¹ was die Artengemeinschaften verändert.⁷² So kann eine höhere Temperatur Plankton-, Pflanzen- oder Algenwachstum beschleunigen und ökologische Prozesse durcheinanderbringen.

Der Mensch beeinflusst das Temperaturregime der Gewässer aber nicht nur über den Klimawandel. Fluss- und Stauseen verändern das Temperaturverhalten in den flussabwärts gelegenen Gewässerabschnitten. Auch der Unterhalt der Uferbereiche spielt eine Rolle.

Fischsterben sind besonders sichtbare Alarmzeichen. In der Schweiz kommt es im Jahresdurchschnitt jeden zweiten Tag zu einem Fischsterben durch Trockenheit, hohe Wassertemperaturen, aber auch durch Gülle, Zementwasser oder andere Einzelereignisse.⁹ Betroffen sind meist nur einzelne Gewässerabschnitte. In der Summe und über die Jahre führen diese Ereignisse aber zu erheblichen Schäden an den Fischbeständen und Gewässerlebensräumen.

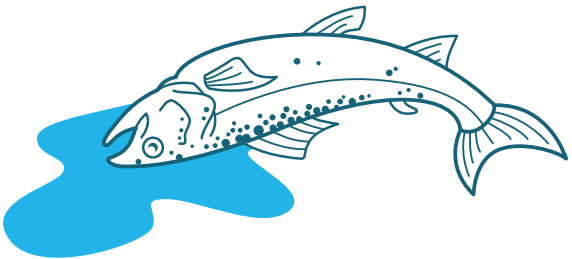
Entwicklung der Wassertemperaturen

Daten: ⁷³

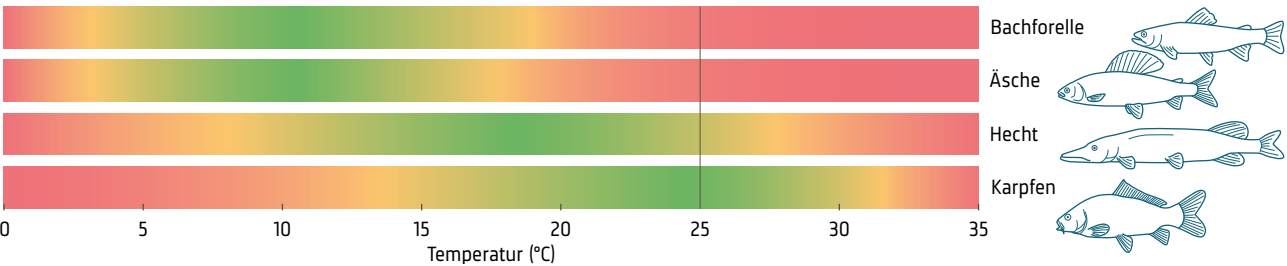
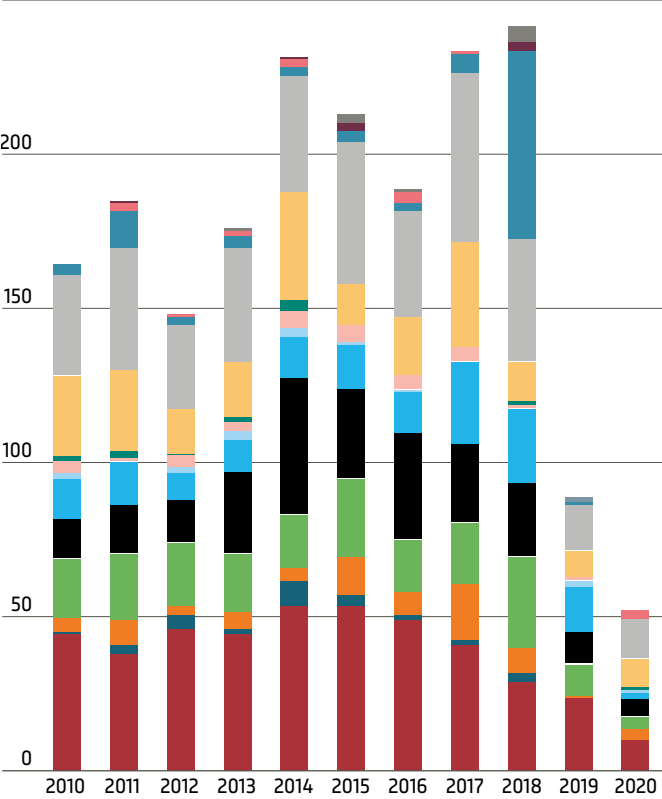


Jährliche Fischsterbe-Ereignisse in der Schweiz und ihre Ursachen

Trockenheit, Hitze, Sauerstoffmangel und geringe Wasserstände, alle stark vom Klimawandel beeinflusst, führen zunehmend zu Stress für Gewässerlebewesen.⁹ Über die Jahre spielen andere bekannte Ursachen wie Einträge von Jauche eine ebenfalls wichtige Rolle. Daten: Fischereistatistik Schweiz

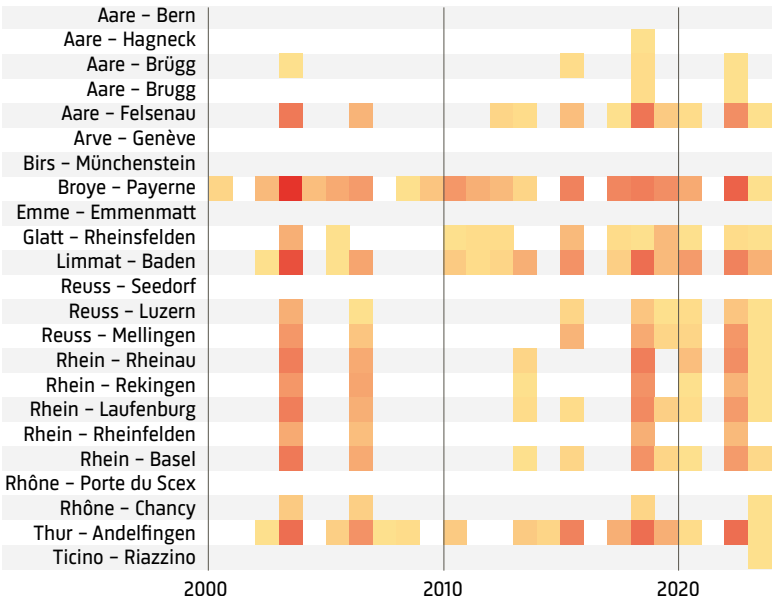
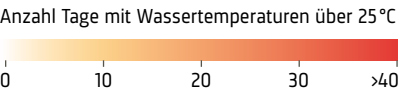


250 Anzahl Fischsterbe-Ereignisse



Für einheimische Fische werden die Wassertemperaturen immer kritischer

Vor allem während Hitzeperioden kann die Temperatur für Fische kritisch werden. Fische können ihre Körpertemperatur nicht selbst regulieren und sind daher stark von der Wassertemperatur abhängig. Oben: Optimaler (grün) bis kritischer (rot) Temperaturbereich für vier einheimische Fischarten. Kaltwasserarten (z. B. Bachforelle, Äsche) ertragen in der Regel Temperaturen über 25 °C nicht. Daten: ⁷⁴ Rechts: Anzahl Tage mit Wassertemperaturen über 25 °C. Die Anzahl Tage mit Temperaturen der Fließgewässer über 25 °C nimmt zu. Daten: ⁷³



Gewässerraum als ökologische Mindestvorgabe

Ein zu kleiner oder unzureichend bewirtschafteter Gewässerraum führt vielerorts zu fehlender Uferbeschattung – mit spürbaren Folgen für das Temperaturregime der Gewässer. Der in der Gesetzgebung geforderte minimal auszuweisende Gewässerraum (GSchG, Vorgaben präzisiert in der GSchV) ist aus ökologischer Sicht als absolute Minimalgrösse zu betrachten, um die geforderten natürlichen Funktionen zu gewährleisten. Angesichts der Bedeutung des Gewässerraums als Regulator der Gewässertemperatur, aber auch als Lebensraum und als Puffer gegenüber unerwünschten Stoffeinträgen, wären teilweise deutlich grössere Gewässerräume notwendig.⁷⁵

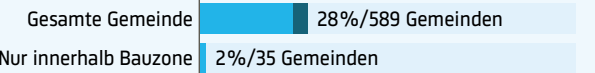
Die Festlegung des Gewässerraums durch die Kantone wurde 2011 in das Gewässerschutzgesetz aufgenommen. Der Gewässerraum mildert die Folgen des Klimawandels für die Gewässerlebensräume, leistet einen Beitrag an den Hochwasserschutz, fördert die Biodiversität und trägt zur Wasser- und Landschaftsqualität bei. Das Bundesgericht hat dem Gewässerschutz seither in rund 30 Fällen ein hohes Gewicht beigemessen und die gemäss Gewässerschutzverordnung vorgesehenen Ausnahmen restriktiv ausgelegt. Laut der Verordnung hätten die Gewässerräume bis Ende 2018 festgelegt werden müssen. Der Anteil an Gemeinden mit einem eigentümergebundenen

Gewässerraum betrug 2023 allerdings erst rund 30 %.⁷⁶ Um die wichtige Gewässerraumfestlegung voranzutreiben, wäre es denkbar, kommunale Nutzungsplanrevisionen nur dann zu genehmigen, wenn der Gewässerraum auf dem ganzen Gemeindegebiet festgelegt ist.

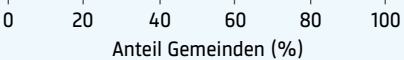
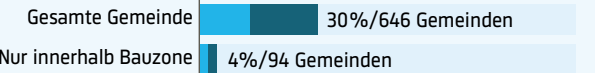
Anteil Gemeinden mit behörden- und eigentümergebunden festgelegtem Gewässerraum

Daten: ⁷⁶

Behördenverbindlich festgelegt:



Eigentümergebunden festgelegt:



7.5 Entwicklung seit 2010

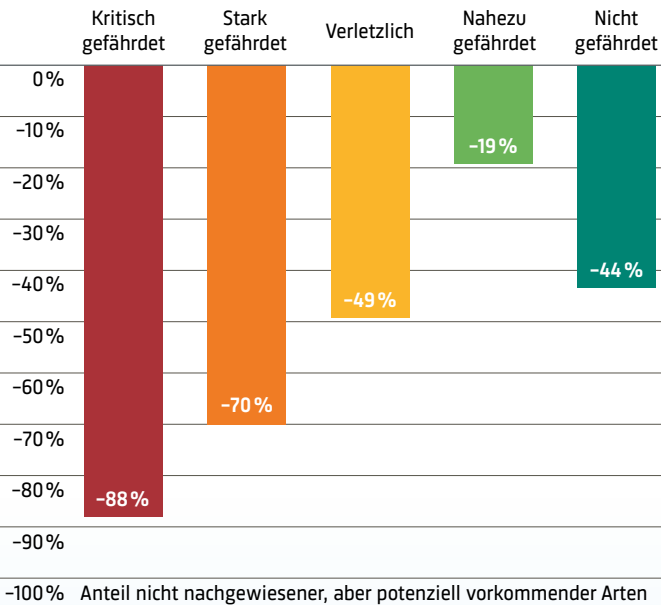
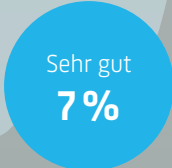
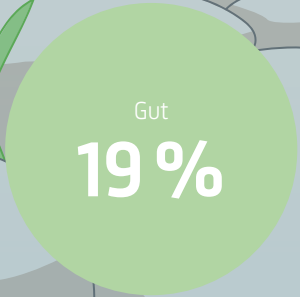
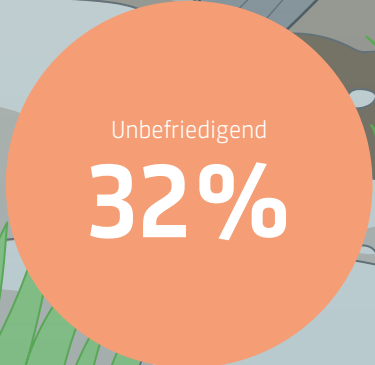
7.5.1 Allgemein ungenügender Gewässerzustand

Fische sind ausgezeichnete Indikatoren für den allgemeinen Zustand von Fliessgewässern. Bei fast drei Vierteln der mittelgrossen Flüsse wird der Gewässerzustand anhand der Fische als schlecht bis mässig bewertet. Der ungenügende Zustand der Gewässer zeigt sich auch in einem überdurchschnittlich hohen Anteil bedrohter Gewässerlebewesen. Dieser ist deutlich höher als für landbewohnende Arten. Der Vergleich der Roten Liste der bedrohten Fische von 2007 und 2022 zeigt die kritische Situation der Fischbestände auf. Die 2022 aktualisierte Liste bringt keine Verbesserung – im Gegenteil: Die Gefährdung nimmt weiterhin zu.²⁶

In den letzten 20 Jahren wurden zwar Massnahmen wie Revitalisierungen eingeleitet, doch sind weiterhin grosse Anstrengungen nötig, um den Gewässerzustand zu verbessern.¹ Zwischen 2011 und 2019 wurden 160 km verbaute Bäche, Flüsse und Seeufer revitalisiert und fast 600 Querbauwerke entfernt.⁷⁷ Das Ziel von 50 km Revitalisierungen pro Jahr – abgeleitet von 4000 km in 80 Jahren – wurde bisher nicht erreicht. Zurzeit beträgt die Revitalisierungsrate nur rund 18 km pro Jahr. Seit 2014 stagniert die Anzahl an jährlich umgesetzten Projekten. Um das Umsetzungsziel zu erreichen, müssten entweder die Bundesmittel erhöht oder aber die Revitalisierungen kostengünstiger gestaltet werden (z. B. durch Zulassen von natürlicher Dynamik mithilfe des Bibers).

Gewässerzustand anhand der Fische

Fische sind ausgezeichnete Indikatoren zur Beurteilung des morphologischen, hydrologischen und chemischen Zustands von Fliessgewässern. Für die Bewertung wurden Daten zur standorttypischen Artenzusammensetzung, die Individuendichten und die Populationsstruktur von Fischarten zusammengeführt. Nur vier der 62 untersuchten Fliessgewässerstrecken (6,5 %) waren 2023 in einem sehr guten ökologischen Zustand.⁷⁹ Ein Grossteil (74,3 %) weist einen mässigen bis schlechten ökologischen Zustand auf. Seit der ersten Erhebung 2012 haben sich über alle Gewässer gesehen nur geringfügige Veränderungen ergeben. Daten: Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA TREND)

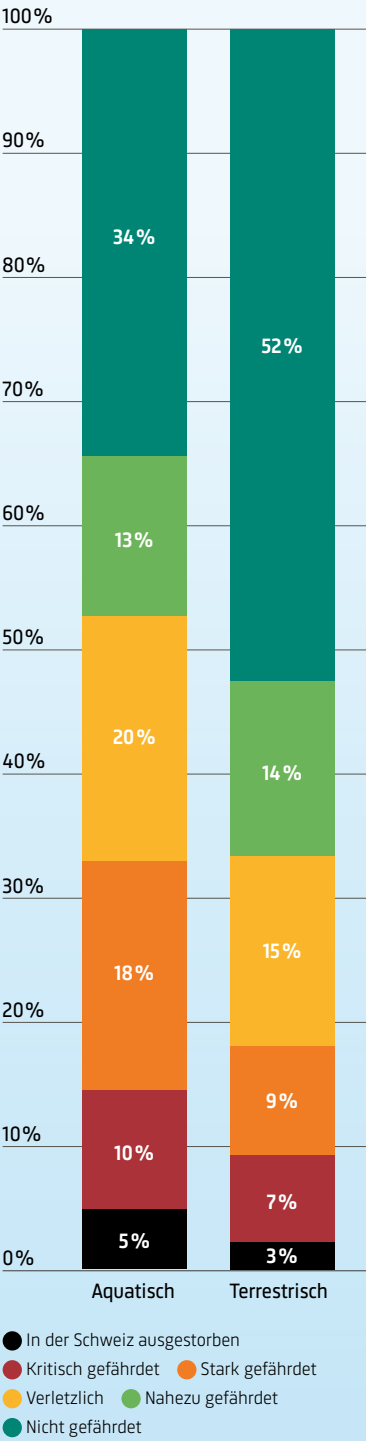


Abwesende Fischarten nach Gefährdungskategorie

Vergleich der potenziell zu erwartenden und der tatsächlich nachgewiesenen Fischarten in 58 Fliessgewässerstrecken im Jahr 2023. Vom Aussterben bedrohte Fischarten wurden lediglich in 12 % der Gewässerstrecken gefangen, in denen sie erwartet worden wären.⁷⁹ Dieses Defizit der Artnachweise steigt mit zunehmendem Gefährdungsgrad. Auch nicht gefährdete Arten weisen ein Defizit bei den Artnachweisen auf. Daten: Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA TREND)

Anteil Tier- und Pflanzenarten nach Gefährdungskategorien in aquatischen und terrestrischen Lebensräumen

Es wurden nur Organismengruppen einbezogen, die auch aquatische Arten beinhalten (Anzahl aquatischer Arten: 1011; terrestrischer Arten: 6327).⁷⁸ Daten: InfoSpecies, Bundesamt für Umwelt



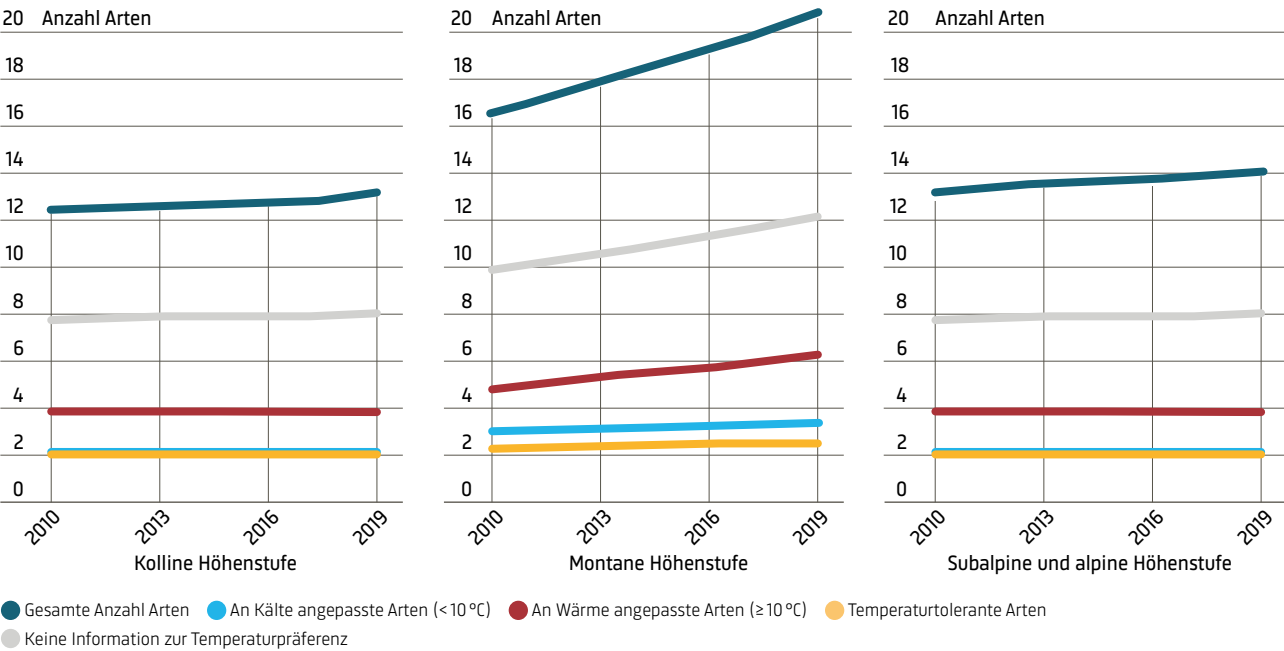
7.5.2 Vereinheitlichung der Gewässerfauna

Während die Roten Listen weiterhin ein hohes oder steigendes Aussterberisiko für viele selten gewordene Arten der Gewässer dokumentieren, ergibt sich bei den häufigen und mittelhäufigen Arten ein anderes Bild. So ist die Anzahl unterschiedlicher Insektenfamilien in Schweizer Gewässern seit den 1990er Jahren meist steigend oder stabil. Diese Entwicklung wird bis zur Jahrtausendwende mit der verbesserten Wasserqualität in Verbindung gebracht.⁸⁰ Ähnliche Trends wurden europaweit beobachtet.⁸¹ In den

letzten zwei Jahrzehnten haben vor allem wärmeliebende sowie Pestizid-tolerante Arten von Gewässerinsekten zugenommen.⁸⁰ Pestizid-empfindliche Arten zeigen dagegen keine positiven Trends, und kälteangepasste Arten stagnieren oder gehen sogar zurück. Besonders in mittleren Höhenlagen breiten sich wärmeliebende Arten aus, die aus tiefen Lagen hochwandern. Typische Arten kalter Gebirgsbäche, für welche die Schweiz eine internationale Verantwortung trägt, gehen dagegen tendenziell zurück.⁴³ Diese Entwicklungen deuten auf eine Vereinheitlichung der Gewässerfauna hin → Kap. 3.5.2.

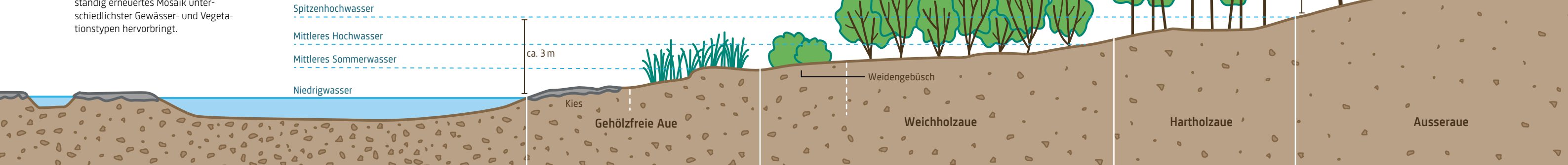
Entwicklung der Anzahl Arten von Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT)

Lokale Anzahl EPT-Arten über die Zeit und eingeteilt in ihre Temperatur-Nischen in der kollinen, montanen sowie in der subalpinen und alpinen Höhenstufe. Daten: ⁸²



Auen – dynamische und artenreiche Lebensraummosaike

Übergänge zwischen Wasser und Land, wie sie in Auen entstehen, zählen zu den artenreichsten Lebensräumen, da die Dynamik von wechselnden Wasserständen, Erosion und Sedimentablagerungen ein ständig erneuertes Mosaik unterschiedlichster Gewässer- und Vegetationstypen hervorbringt.



7.5.3 Veränderungen in Auen und Amphibienlaichgebieten von nationaler Bedeutung

Auen von nationaler Bedeutung

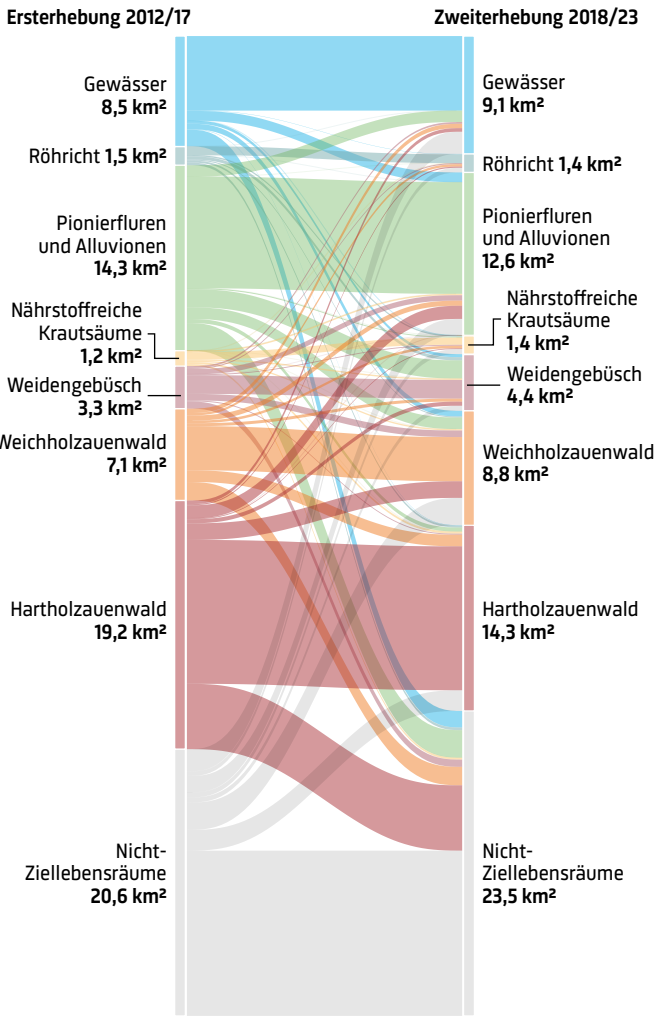
Auen haben in den letzten 200 Jahren in der Schweiz grosse Flächenverluste hinnehmen müssen.⁸³ Hauptursachen sind die Begradigung, Eindämmung und Verbauung der Flüsse, die Siedlungsausdehnung und die Nutzung der Wasserkraft. Die verbliebenen wertvollsten Reste sind heute als Biotope von nationaler Bedeutung geschützt. Doch es fehlt die natürliche Dynamik, weshalb die ökologische Qualität in den Auen laufend sinkt.

Viele Auen wandeln sich zu Lebensräumen, die nicht autotypisch sind. Gleichzeitig sinkt die Anzahl auf Auen spezialisierter Arten, was die qualitative Verschlechterung unterstreicht. Der Zustand des Lebensraummosaiks entspricht in vielen Auen nicht einem naturnahen Zustand.⁸⁴ Revitalisierungen der Auen sind noch zu selten, oft räumlich zu stark begrenzt oder schaffen es nicht, eine natürliche Dynamik zu etablieren, um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken.

Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung

In den einzelnen Amphibienlaichgebieten von nationaler Bedeutung leben heute im Durchschnitt deutlich weniger Amphibienarten als in den 1980er Jahren. Es gibt aber auch gute Nachrichten: Der Rückgang konnte in den letzten zehn Jahren weitgehend gestoppt werden.⁸⁴ Diese Entwicklung ist erfreulich, hat die früheren Verluste aber noch nicht wett gemacht. Dies gilt insbesondere für bedrohte Arten der Roten Liste.

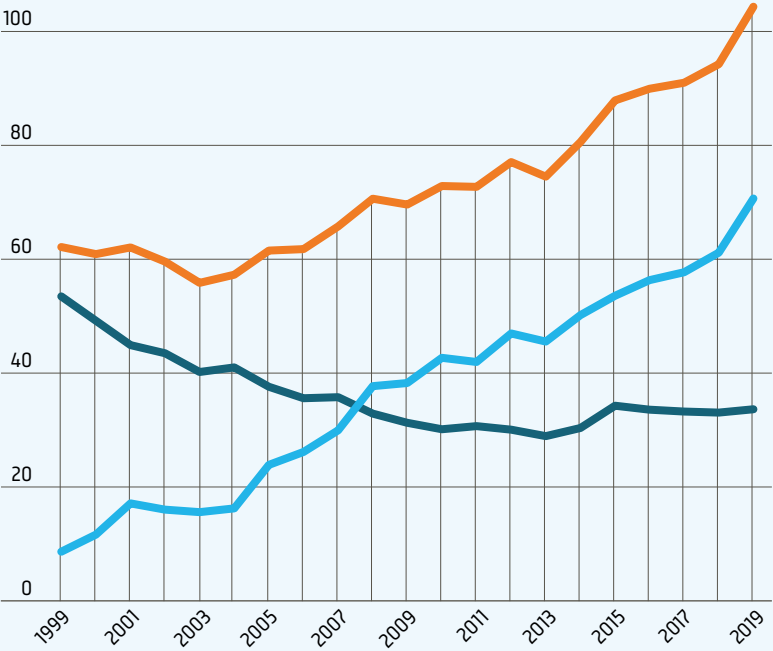
Mit den richtigen Massnahmen und Strategien kann ein positiver Trend erreicht werden. Eine neue Gefahr bringt der Klimawandel mit sich: Weiher und Tümpel trocknen zu früh aus oder füllen sich gar nicht erst.



Wandel von Lebensraumtypen in Auen von nationaler Bedeutung zwischen 2012/17 und 2018/23

Die Fläche der Hartholzauen nahm signifikant ab (–25%; –5 km²). Der grösste Teil ihrer Fläche veränderte sich zu auenuntypischen Lebensräumen. Ein ähnliches Schicksal erlitten Anteile von anderen autotypischen Lebensräumen wie Gewässern, Pionierfluren und Weichholzauen. Nicht-Ziellbensräume haben innerhalb von nur sechs Jahren um 14 % oder 3 km² zugenommen.⁸⁴ Daten: Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS)

120 Anzahl besiedelter Weiher



Entwicklung der Anzahl Weiher, die von der Gelbbauchunke besiedelt sind

Aargauisches Rheintal, 1999 bis 2019: Dank neuer Weiher hat die Anzahl Populationen der Gelbbauchunke zugenommen – und dies obwohl im Kanton Aargau zahlreiche Stressfaktoren auf Amphibien wirken. Der Amphibienschutz nützt auch vielen weiteren Organismengruppen wie Libellen. Daten: ⁸⁵

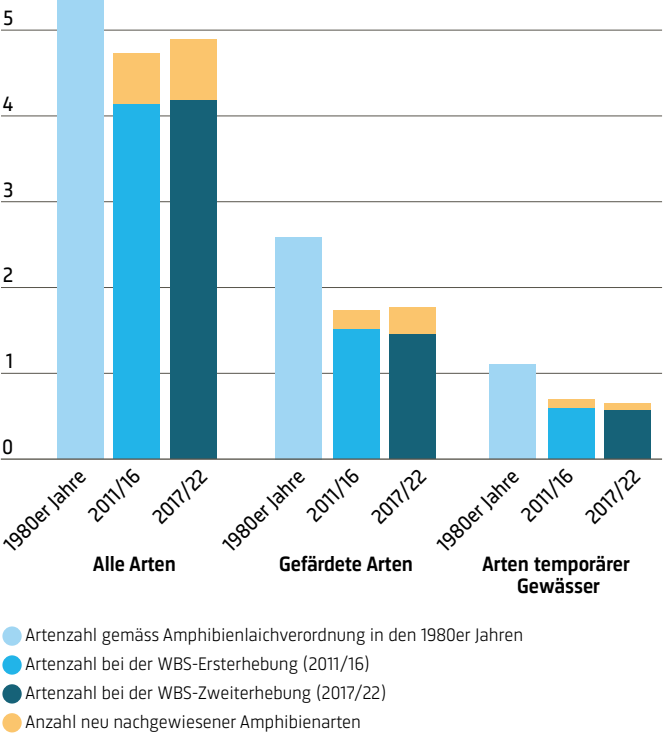
- Alle besiedelten Weiher
- Alte Weiher
- Neue Weiher

Der Bestandesrückgang bei der Gelbbauchunke geht auf nationaler Ebene weiter. Die Art benötigt dynamische, zeitweise überschwemmte Kleingewässer, wie sie heute nur noch selten vorkommen, und ist stark auf spezifische Schutzmassnahmen angewiesen. Foto: Beat Schaffner

Durchschnittliche Anzahl Amphibienarten in den Amphibienlaichgebieten von nationaler Bedeutung

Der linke Balken zeigt jeweils die Anzahl Amphibienarten pro Laichgebiet gemäss Amphibienlaichgebiete-Verordnung (AlgV; SR 451.34) in den 1980er Jahren, der mittlere Balken die Artenzahl, die bei der Ersterhebung 2011/16 der Wirkungskontrolle Biotopschutz (WBS) festgestellt wurde, der rechte Balken die Artenzahl bei der WBS-Zweiterhebung 2017/22. Der mittlere und der rechte Balken sind unterteilt: Die blauen Teile der Balken zeigen die Artenzahl ohne Neuentdeckungen, die gelben Teile die Artenzahl mit Neuentdeckungen. Zwischen 2011/16 und 2017/22 gab es bei keiner Amphibienart signifikante Rückgänge der Vorkommen. Besonders erfreulich ist, dass die Vorkommen der stark gefährdeten Kreuzkröte nahezu stabil geblieben sind. Leichte Rückgänge zeigen jedoch die Gelbbauchunke und die Geburtshelferkröte, die in einigen Gebieten verschwunden sind, in denen sie eigentlich noch zu erwarten wären. Ebenso ist ein leichter Rückgang der Vorkommen des Grasfrosches zu verzeichnen.⁸⁴ Daten: Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS)

6 Mittlere Artenzahl pro Amphibienlaichgebiet



7.6 Weichenstellung für eine biodiverse Zukunft

Resiliente Gewässer schaffen

Unsere Gewässer sind in einem ökologisch ungenügenden Zustand und stehen gleichzeitig unter steigendem Druck durch den Klimawandel, aber auch durch veränderte Gewässerstrukturen, die übermässige Nutzung durch die Wasserkraft oder Gewässerverschmutzungen. Erwärmte Gewässer, veränderte Abflussmuster und zunehmende Trockenperioden bedrohen die aquatischen Lebensräume.

Damit die Gewässer ihre ökologische Funktion wahrnehmen können und widerstandsfähig bleiben, müssen wir konsequenter handeln und die heute bestehenden Belastungen deutlich und rasch reduzieren. Der Schlüssel liegt in einer ganzheitlichen Verbesserung aller relevanten Faktoren – von der Ökomorphologie über die Geschiebe- und Abflussdynamik bis hin zur Vernetzung und Wasserqualität. Es gilt, alle Stressfaktoren zu reduzieren. Natürliche Ufervegetation, Rückzugszonen ohne Erholungsbetrieb und Kaltwasserrefugien sind essenziell für zahlreiche Gewässerorganismen.

Für Gewässer sind eine ausreichende Wasserführung und gewässertypische Wasserstands-Schwankungen von zentraler Bedeutung. Das bedeutet: Die Restwassermengen bei Wasserkraftnutzung müssen dem Bedarf der Gewässerlebensräume entsprechend erhöht werden. Das geltende Gesetz erlaubt zeitgemässe, auch an den Klimawandel angepasste Lösungen im Einklang mit der Nutzung des Wassers zur Stromproduktion. Die vollständige ökologische Sanierung der Wasserkraft darf nicht weiter aufgeschoben werden. Auch unnatürliche Schwall-Sunk-Abflüsse müssen reduziert, die Durchgängigkeit für Fische wiederhergestellt und der Geschiebetransport möglichst naturnah gestaltet werden.

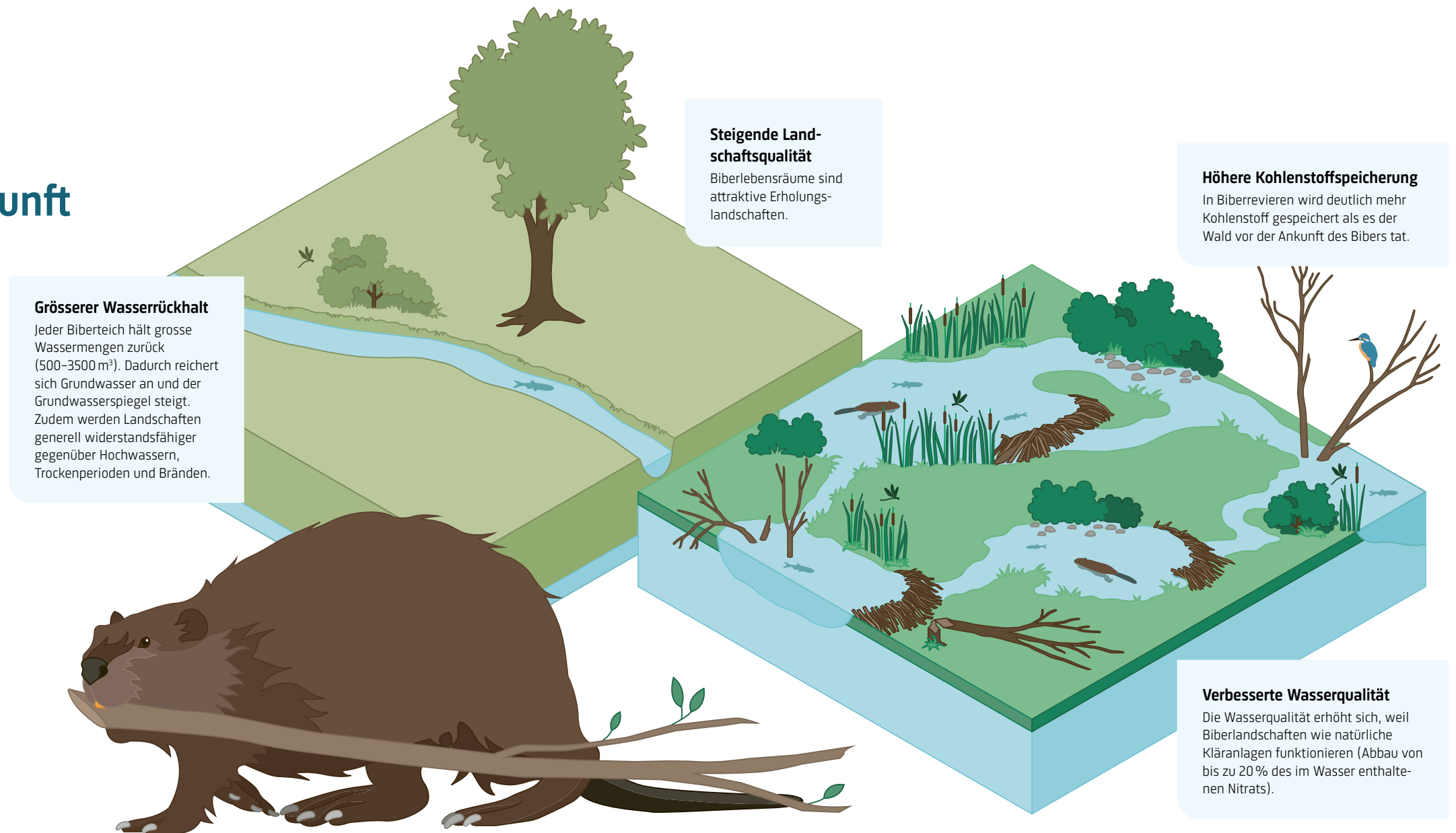
Der Klimawandel verschärft auch die Sauerstoffversorgung in Seen: Durch seltener werdende Durchmischungen gelangt immer weniger Sauerstoff in das Tiefenwasser. Besonders betroffen sind überdüngte Seen, da der hohe Nährstoffgehalt dort zusätzlich zur Sauerstoffverknappung beiträgt. Eine stärkere Reduktion der Nährstoffbelastung kann diesen negativen Effekt abmildern und die Resilienz der Seen stärken.

Zielkonflikte zwischen Biodiversitätserhaltung und erneuerbarer Energiegewinnung lassen sich entschärfen, wenn Schutz- und Nutzungsplanung strategisch zusammengeführt werden.⁸⁶ Statt vieler kleiner Wasserkraftwerke mit geringer Leistung sollte die Energieproduktion auf leis-

tungsfähige Standorte konzentriert werden. Gleichzeitig müssen die wenigen unberührten natürlichen Gewässer vor einer Verbauung bewahrt bleiben. Der Rückbau wenig produktiver Kleinstwasserkraftwerke trägt dazu bei, die Situation zu verbessern.

Schneller, besser und günstiger mit natürlicher Dynamik

Revitalisierungen von Auen und Gewässern werden üblicherweise von Menschenhand geplant und ausgeführt. Viele Projekte bleiben aber oftmals hinter den Erwartungen zurück, weil sie zu statisch geplant und umgesetzt werden und grössere natürliche Prozesse kaum stattfinden können. Es gibt auch andere Strategien, die aber eine gewisse Gelassenheit erfordern. So könnte man den Unterhalt des



Der Biber wirkt – Grössere Artenvielfalt in Biberrevieren

Daten: info fauna (Biberfachstelle), Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Eawag



Plankton
+8 %



Weitere Fluginsekten
+4 %



Fische
+64 %



Libellen
+131 %



Wasserpflanzen
+206 %



Fauna des Bachbetts
+3 %



Amphibien
+540 %



Bodeninsekten
+8 %



Landpflanzen
+32 %

Gewässers dort, wo es möglich ist, einstellen, oder biodiversitätsschädigende Unterhaltspraktiken unterlassen. Bei kleinen Gewässern heisst das, einen breiten Vegetationsgürtel entlang des Gewässers ermöglichen. Mit der entsprechenden Weiterbildung leisten Unterhaltsequipen wertvolle Arbeit zugunsten der Biodiversität.

Ein bestimmter natürlicher Akteur könnte als Game Changer wirken – wenn man seine Hilfsangebote akzeptiert: Der Biber ist ein echter und effizienter Ökosystem-In-

genieur. Mit seinen Dämmen schafft er wertvolle Lebensräume wie Weiher und Feuchtgebiete. Die Artenvielfalt in 16 untersuchten Biberrevieren, die seit mindestens fünf Jahren existieren, ist deutlich höher als in den angrenzenden Gewässerabschnitten stromauf- oder stromabwärts (siehe Illustration oben). Zudem sind die Arten mit viel mehr Individuen vertreten (im Schnitt sechsmal mehr), und die offene Wasserfläche ist rund zehnmals grösser als in den Kontrollstrecken. Hinzu kommen zahlreiche weitere wichtige Ökosystemleistungen.

Die Schweiz sollte vermehrt mit dem natürlichen und kostengünstigen Baumeister zusammenarbeiten und von den Vorteilen der Biberlandschaften mit ihrem kleinteiligen Lebensraummosaik profitieren. Etwa 5000 Biber gibt es heute in der Schweiz, verteilt auf 1400 Reviere. Es gilt nun, die vom Biber bereitgestellten Ökosystemleistungen in die Planung von Wasserbauprojekten zu integrieren, dabei aber auch partizipativ Interessen und Bedenken zu berücksichtigen. Fest steht: Wir brauchen den Biber als starken Verbündeten für lebendige Gewässerlandschaften.

Gewässer und Umland gemeinsam denken und grosszügig verknüpfen

Gewässer und Land sind ökologisch untrennbar miteinander verbunden. Auenlandschaften sind Paradebeispiele für die enge Verzahnung von Land und Wasser. Die Wechselwirkungen zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen reichen weit über die Uferzonen hinaus.²⁸ Beispielsweise sind Gewässerinsekten eine qualitativ viel wertvollere Ressource für Vögel als terrestrische Insekten. Für viele insektenfressende Vogelarten sind intakte und vielfältige Gewässer also lebensnotwendig.⁷ Diese dynamischen Verflechtungen beeinflussen die Stabilität, Resilienz und Funktionsweise der Lebensräume.

Doch in Verwaltung, Gesetzgebung und Planung werden Gewässer- und Landlebensräume oft getrennt betrachtet. Verschiedene Ämter und Gesetze regeln ihren Schutz, doch die notwendige sektorübergreifende Zusammenarbeit hängt oft von Einzelinitiativen engagierter Fachpersonen ab. Ein Umdenken ist dringend erforderlich. Es gilt, Synergien zu nutzen und innovative Ansätze zu fördern, um die Verknüpfung von Gewässern und Land konsequent zu stärken.

Wer Gewässer und Land gemeinsam denkt, schafft mehr als die Summe ihrer Teile. Indem wir diese vernetzt betrachten, können wir nicht nur bestehende Lebensräume stabilisieren, sondern auch neue und zukunftsfähige Lebensräume gestalten. Statt sich am aktuellen, oft stark degradierten Zustand der Lebensräume zu orientieren, braucht es mehr als nur Revitalisierungen entlang von Bächen und Flüssen.

Gefragt sind ambitionierte und grossflächige Renaturierungen, die zu neuen Auenlandschaften führen. Mit der Nutzung von Synergien zwischen Hochwasserschutz, Wasserverfügbarkeit (auch für die Landwirtschaft!) und Biodiversität könnten neue Feuchtgebiete, Auen und Weiher entstehen, die den Wasserhaushalt von Landschaften

puffern, das Grundwasser speisen und gleichzeitig Lebensräume schaffen. Die Vision Schwammland – Landschaften, die Wasser aufnehmen, speichern und dosiert wieder abgeben – sollte auch Leitbild einer klimaangepassten Landnutzung sein → **Kap. 3.6**. Zentrale Voraussetzung dafür ist jedoch Fläche. Ohne zusätzlichen Raum für dynamische Gewässer, saisonale Überschwemmungen und neue Feuchtgebiete bleibt jede Massnahme Stückwerk.

Gewässerschutz sollte generell früh im Wasserkreislauf beginnen, also bereits bei Quellen, der Wiedervernässung von Mooren, Wäldern und drainierten Flächen. Nur wenn wir den Wasserhaushalt der Landschaft insgesamt stabilisieren, können unsere Gewässer langfristig zentrale und wertvolle Ökosystemleistungen erbringen und die Biodiversität erhalten und fördern.

Gesetzliche Vorgaben konsequent umsetzen

Die Schweiz hat sich zum Ziel gesetzt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen, sie ökologisch aufzuwerten und Biotope von nationaler Bedeutung ungeschmälert zu erhalten und falls nötig zu sanieren. Dies erfordert ein entschlossenes Vorgehen. Beispiel Wasserkraft: Es gibt mehrere gesetzliche Vorgaben. Die Betreiber von Wasserkraftanlagen sind verpflichtet, bis 2030 die Fischwanderungen wiederherzustellen, Abfluss-Schwankungen zu minimieren und den Geschiebetrieb sicherzustellen. Trotz dieser Vorgaben wurde bisher erst ein Teil der geplanten Massnahmen umgesetzt. Auch bei der Festlegung und Gestaltung des Gewässerraums sowie bei den Revitalisierungen könnte das Umsetzungstempo grösser sein. Die Festlegung des Gewässerraums ist das eine; wichtig ist auch dessen gewässergerechte Gestaltung und extensive Bewirtschaftung.⁷⁵

Bei Revitalisierungen und beim Bau von Weihern und Tümpeln sind die Verfahren oft komplex und zeitaufwändig. Hier wird eine Verfahrensoptimierung benötigt. Ein Weiher ist zwar schnell gebaut, jedoch benötigen die vorherigen Abklärungen und die Baubewilligung viel Zeit und Geld. Eine Vereinfachung der Verfahren im Kulturland, Siedlungsraum und Wald könnte die Umsetzung solcher Projekte beschleunigen.

Um langfristig sauberes Wasser für Mensch und Natur zu gewährleisten, müssen Gewässerschutz, Landwirtschaft, Siedlungsentwässerung, Abwasserwirtschaft und Forschung zusammenarbeiten und die Vollzugsdefizite konsequenter angegangen werden. Dazu ist ein kluger Instru-

mentenmix anzuwenden: technische Lösungen, politische Massnahmen (z. B. strengere Grenzwerte für Schadstoffe), Förderprogramme und Beratung, raumplanerische Massnahmen wie die gezielte Ausweisung und Vergrösserung von Gewässerräumen, aber auch Forschung und Monitoring, um neue Risiken frühzeitig zu erkennen und Gegenmassnahmen zu entwickeln und deren Wirksamkeit praxisnah zu testen.

Quellen, Kleingewässer und Grundwasser vermehrt in den Fokus rücken

Gewässer sind nicht nur Flüsse und Seen – auch Quellen, kleine Bäche, Tümpel, Weiher und das Grundwasser spielen eine entscheidende Rolle für die Biodiversität. Diese oft unscheinbaren Lebensräume können eine beeindruckende Vielfalt an Organismen beherbergen, die in der Öffentlichkeit kaum bekannt ist – höchste Zeit also, diese Lebensräume gezielt zu untersuchen, zu erhalten und aufzuwerten. Bei den Quellen leistet die Beratungsstelle Quell-Lebensräume bereits gute Arbeit, bei Weihern und temporären Gewässern info fauna karch.

Bei den Weihern geht es nicht nur um neue Laichgewässer für Amphibien. Auch bestehende Weiher müssen aufgewertet werden. Viele dieser Gewässer leiden unter der fehlenden Dynamik, zu geringen Wasserständen oder un-

zureichender Wasserqualität. Hier gilt es, sowohl die Quantität als auch die Qualität dieser Gewässer zu verbessern. Besonders wertvoll sind Weiher und temporäre Gewässer mit Anschluss ans Grundwasser – sie erlauben natürliche Wasserstands-Schwankungen, wie sie viele Amphibien und andere Arten benötigen.

Weiher und Teiche bieten zahlreiche Ökosystemleistungen, die auch dem Menschen zugutekommen.⁸⁷ Hier gilt es, Synergien zu nutzen. Im Parc Jura Vaudois beispielsweise wird aktiv an agroökologischen Teichen gearbeitet, die sowohl landwirtschaftlichen Zwecken dienen als auch wertvolle Lebensräume schaffen → **Kap. 3.6**. Damit auch im Landwirtschaftsgebiet viele neue Weiher entstehen, müssten sie nicht nur als Biodiversitätsförderfläche anrechenbar sein, sondern auch finanziell entschädigt werden.

Neben Weihern und Quellen gilt es auch, die weitgehend unbekannte Grundwasserfauna stärker in den Fokus zu rücken. Die Biodiversität des Grundwassers ist bislang weitgehend unerforscht und findet kaum Eingang in Monitoring-Programme oder Berichte zur biologischen Vielfalt. Dabei spielt das Grundwasser eine zentrale Rolle als Lebensraum für zahlreiche, oft unbekannte Organismen. Um diesen verborgenen Teil der Biodiversität angemessen zu schützen, braucht es dringend mehr Aufmerksamkeit und gezielte Massnahmen. Ein erster wichtiger Schritt wäre die Erstellung einer Roten Liste für Grundwasserorganismen sowie die systematische Überwachung der biologischen Vielfalt in diesen sensiblen Lebensräumen.



Literatur

1 BAFU (Hrsg.) (2022) Gewässer in der Schweiz. **Zustand und Massnahmen. Bundesamt für Umwelt.** Umwelt-Zustand 2207.

2 Arnold M, Schwarzwälder B, Beer-Tóth K, Zbinden M, Baumgart K (2009) **Mehrwert naturnaher Wasserläufe. Untersuchung zur Zahlungsbereitschaft mit besonderer Berücksichtigung der Erschliessung für den Langsamverkehr.** Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen 0912.

3 BMUB, BfN (2014) **Naturbewusstsein 2013. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt.** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Bundesamt für Naturschutz.

4 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2016) **Die wirtschaftlichen Potenziale des Wassertourismus in Deutschland.**

5 Wüthrich C, Huggenberger P, Freiburger H, Geissbühler U, Regli C, Stucki O (2006) **Revitalisierung urbaner Flusslandschaften.** Schlussbericht zum MGU-Forschungsprojekt F1.03. Universität Basel.

6 Promny M, Hammer M, Busch N (2014) **Untersuchungen zur Wirkung der Deichrückverlegung Lenzen auf das Hochwasser vom Juni 2013 an der unteren Mittelelbe.** Korrespondenz Wasserwirtschaft 7(6): 344–349.

7 Twining CW, Shipley JR, Winkler DW (2018) **Aquatic insects rich in omega-3 fatty acids drive breeding success in a widespread bird.** Ecology Letters 21(12): 1812–1820.

8 Shipley JR, Twining CW, Mathieu-Resuge M, Parmar TP, Kainz M, Martin-Creuzburg D, Weber C, Winkler DW, Graham CH, Matthews B (2022) **Climate change shifts the timing of nutritional flux from aquatic insects.** Current Biology 32: 1–8.

9 Bundesamt für Umwelt (2023) **Eidgenössische Fischereistatistik.** fischereistatistik.ch

10 Bartrons M, Trochine C, Blicharska M, Oertli B, Lago M, Brucet S (2024) **Unlocking the potential of ponds and pondscapes as nature-based solutions for climate resilience and beyond. Hundred evidences.** Journal of Environmental Management 359: 120992.

11 Taylor S, Gilbert PJ, Cooke DA, Dreary ME, Jeffries MJ (2019) **High carbon burial rates by small ponds in the landscape.** Frontiers in Ecology and Environment 17: 25–31.

12 Oertli B, Decrey M, Demierre E, Fahy JC, Gallinelli P, Vasco F, Ilg C (2023) **Ornamental ponds as Nature-based Solutions to implement in cities.** Science of The Total Environment 888: 164300.

13 Vasco F, Perrin JA, Oertli B (2024) **Urban pondscape connecting people with nature and biodiversity in a medium-sized European city (Geneva, Switzerland).** Urban Ecosyst 27: 1117–1137.

14 BAFU (Hrsg.) (2019) **Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016.** Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Zustand 1901.

15 Schmidt M (2025) Henniez: **Biodiversität als Trumpf für das Geschäft.** HOTSPOT 51: 9–10.

16 Trepel M (2009) **Nährstoffrückhalt und Gewässerrenaturierung.** Korrespondenz Wasserwirtschaft 4: 211–215.

17 Fenner K, Canonica S, Wackett LP, Elsner M (2013) **Evaluating pesticide degradation in the environment. Blind spots and emerging opportunities.** Science 341: 752–758.

18 Schweizer Fischereiberatungsstelle (2015) **Die Biodiversität der Schweizer Fische.**

19 Brodersen J, Hellmann J, Seehausen O (2023) **Erhebung der Fischbiodiversität in Schweizer Fliessgewässern.** Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz. Progetto Fiumi. Schlussbericht.

20 De-Kayne R, Selz OM, Marques DA, Frei D, Seehausen O, Feulner PGD (2022) **Genomic architecture of adaptive radiation and hybridization in Alpine whitefish.** Nature Communications 13(1): 4479.

21 Strebel N (2021) **Überwinternde Wasservögel in der Schweiz. Ergebnisse der Wasservogelzählungen seit 1967.** Ornithologische Beobachter 118(4): 344–360.

22 Schmidt BR (2025) **Weierbau fördert die Amphibien und die Biodiversität.** Zeitschrift für Feldherpetologie 32: 1–17.

23 Altermatt F, Alther R, Fišer C, Švara V (2019) **Amphipoda. Die Amphipoden der Schweiz.** Fauna Helvetica 32. Info fauna CSCF, Schweizerische Entomologische Gesellschaft SEG.

24 Beratung Quell-Lebensräume (2025). quell-lebensräume.ch

25 Vischer DL (2003) **Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz. Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert.** Bericht des Bundesamtes für Wasser und Geologie. Serie Wasser 5.

26 BAFU, info fauna (Hrsg.) (2022) **Rote Liste der Fische und Rundmäuler. Gefährdete Arten der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, info fauna (CSCF). Aktualisierte Ausgabe 2022. Umwelt-Vollzug 2217.

27 Klaus G (2012) **Gewässer im Baselbiet.** bild-geschichten 4. Verlag des Kantons Basel-Landschaft.

28 Eawag und WSL (Hrsg.) (2024) **Blau-grüne Biodiversität erkennen, erhalten und fördern. Erkenntnisse aus der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity».** Eawag: Das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.

29 BAFU (2020) **Wichtige Seeregulierungen.** bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/dossiers/seeregulierung/wichtige-seeregulierungen.html

30 Gugerli D (1996) **Redeströme. Zur Elektrifizierung der Schweiz 1880–1914.** Chronos.

31 Wechsler T, Zappa M (2024) **CH-Kleinstwasserkraftwerke. Ein schweizweiter Datensatz zu Kleinstwasserkraftwerken.** Envidat.

32 Mauch C, Reynard E (2004) **The evolution of water regime in Switzerland.** In I Kissling-Näf I, S Kuks. The evolution of national water regimes in Europe (S. 293–328). Kluwer Academic Publishers.

33 Jaag O (1952) **Die Notwendigkeit des Gewässerschutzes und unser Ziel der Abwasserreinigung in der Schweiz. Aufgabe und Zweck der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz.** Schweizer Baublatt 38: 1–11.

34 Neumann MB, Rieckermann J, Hug T, Gujer W (2015) **Adaptation in hindsight. Dynamics and drivers shaping urban wastewater systems.** Journal of Environmental Management 151: 404–415.

35 Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft (1974) **Naturseen der Schweiz mit einer Seefläche je über 0,1 km².** Eine Zusammenstellung.

36 Lang 1969, zitiert in: Niessen F, Sturm M (1987) **Die Sedimente des Baldeggersees (Schweiz). Ablagerungsraum und Eutrophierungsentwicklung während der letzten 100 Jahre.** Archiv für Hydrobiologie 108(3): 365–383.

37 Kury D, Zehringer M, Herriott C (2000) **Gewässerschutz – Erfolgsgeschichte und neue Herausforderungen.** Verlag Gewässerschutzverband Nordwestschweiz.

38 BWG (Hrsg.) (2003) **Eintauchen in die Wasserwirtschaft. Ergründen Sie die spannende Welt der Schweizer Wasserwirtschaft.** Bundesamt für Wasser und Geologie.

39 Wehrli B, Wüest A (1996) **Zehn Jahre Seenbelüftung. Erfahrungen und Optionen.** Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz. Schriftenreihe 9.

40 BAFU (Hrsg.) (2022) **Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Übersicht über die gebietsfremden Arten und ihre Auswirkungen.** 1. aktualisierte Auflage 2022. Erstausgabe 2006. Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen 2220.

41 Zeh Weissmann H, Könitzer C, Bertiller A (2009) **Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie). Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand April 2009.** Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Zustand 0926.

42 Ilg C, Alther R (2024) **Ökologischer Zustand von Schweizer Bächen. Die meisten der untersuchten Bäche erfüllen ihre Rolle als Lebensraum für Tiere nur eingeschränkt.** Aqua & Gas 104(4): 46–52.

43 Forum Biodiversität Schweiz (Hrsg.) (2022) **20 Jahre Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM.** Sonderheft zu HOTSPOT 46.

44 Knüsel M, Alther R, Altermatt F (2024) **Terrestrial land use signals on groundwater fauna beyond current protection buffers.** Ecological Applications 34(8): e3040.

45 Couton M, Hürlemann S, Studer A, Alther R, Altermatt F (2023) **Groundwater environmental DNA metabarcoding reveals hidden diversity and reflects land-use and geology.** Molecular Ecology 32: 3497–3512.

46 Zolllhöfer J (1997) **Quellen, die unbekannten Biotope.** Bristol-Schriftenreihe 6.

47 BAFU (Hrsg.) (2024) **Renaturierung der Schweizer Gewässer. Stand ökologische Sanierung Wasserkraft 2022.** Bundesamt für Umwelt.

48 Radinger J, van Treeck R, Wolter C (2021) **Evident but context-dependent mortality of fish passing hydroelectric turbines.** Conservation Biology 36(3): e13870.

49 BAFU (Hrsg.) (2023) **Auswirkungen der Verordnung über die befristete Erhöhung der Stromproduktion bei Wasserkraftwerken. Resultate der kantonalen Umfrage zu den Auswirkungen der Verordnung und der Empfehlungen des Bundesrats zur Steigerung der Stromproduktion.** Bericht.

50 Wechsler T, Schirmer M, Bryner A (2025) **Restwasser. Die Suche nach der angemessenen Menge. Festlegung, Wirkung und Anforderungen.** Aqua & Gas 105(3): 48–53.

51 Gousskov A, Reyes M, Bitterlin L, Vorburger C (2016) **Fish population genetic structure shaped by hydroelectric power plants in the upper Rhine catchment.** Evolutionary Applications 9(2): 394–408.

52 BAFU (Hrsg.) (2022) **Wiederherstellung der Fischwanderung. Gute Praxisbeispiele für Wasserkraftanlagen in der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen 2205.

53 Guntern J, Baur B, Ingold K, Stamm C, Widmer I, Wittmer I, Altermatt F (2021) **Pestizide. Auswirkungen auf Umwelt, Biodiversität und Ökosystemleistungen.** Swiss Academies Factsheets 16(2).

54 Stamm C, Burdon F, Fischer S (2017) **Einfluss von Mikroverunreinigungen.** Aqua & Gas 6: 90–95.

55 BAFU (2023) **PFAS im Grundwasser 2021.** Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA. Bundesamt für Umwelt.

56 Gulde R, Wunderlin P, Wittmer I, Doppler T (2024) **Arzneimittel in Gewässern. Massnahmen an weiteren ARA notwendig.** Aqua & Gas 3: 36–42.

57 Bundesrat (2024) **Aktionsplan Pflanzenschutzmittel und Bundesgesetz über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden.** Zwischenbericht zur Umsetzung 2017–2022.

58 Monchamp ME, Spaak P, Domaizon I, Dubois N, Bouffard D, Pomati F (2018) **Homogenization of lake cyanobacterial communities over a century of climate change and eutrophication.** Nature Ecology and Evolution 2: 317–324.

59 Guntern J, Eichler A, Hagedorn F, Pellissier L, Schwikowski M, Seehausen O, Stamm C, Altermatt F (2020) **Übermässige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer.** Swiss Academies Factsheet 15(8).

60 Schwefel R, Steinsberger T, Bouffard D, Bryant LD, Müller B, Wüest A (2017) **Using small-scale measurements to estimate hypolimnetic oxygen depletion in a deep lake.** Limnology and Oceanography 63: 54–67.

61 Alexander T, Seehausen O (2021) **Diversity, distribution and community composition of fish in perialpine lakes. Projet Lac.** Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Synthesis report.

62 Vonlanthen P, Bittner D, Hudson A, Young K, Müller R, Lundsgaard-Hansen B, Roy D, Piazza S, Largiadier C, Seehausen O (2012) **Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations.** Nature 482: 357–62.

63 Selz OM, Vonlanthen P, Kreienbühl T, Seehausen O (2025) **Die aussergewöhnliche Vielfalt der Felchen der Schweiz – Ergebnisse aus 150 Jahren Forschung.** Eawag/Aquabios GmbH. Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt.

64 Rey P, Ortlepp J, Kury D (2004) **Wirbellose Neozoen im Hochrhein. Ausbreitung und ökologische Bedeutung.** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Schriftenreihe Umwelt 380.

65 Wüthrich R (2021) **Biologischer Zustand der grossen Fliessgewässer.** Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt.

66 Hesselschwerdt J, App P, Niklas B (2023) **Biologische Untersuchung Aare zwischen Bielersee und Rhein 2022.** Im Auftrag der Kantone AG, SO, BE.

67 Haltiner L, Zhang H, Anneville O et al (2022) **The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps.** Aquatic Invasions 17: 153–173.

68 Roth T, Bühler C, Amrhein V (2016) **Estimating effects of species interactions on populations of endangered species.** The American Naturalist 187: 457–467.

69 Schmidt BR, Băncilă RI, Hartel T, Grossenbacher K, Schaub M (2021) **Shifts in amphibian population dynamics in response to a change in the predator community.** Ecosphere 12(5): e03528.

70 Bonacina L, Fasano F, Mezzanotte V, Fornaroli R (2023) **Effects of water temperature on freshwater macroinvertebrates. A systematic review.** Biological Reviews 98(1): 191–221.

71 BAFU (Hrsg.) (2021) **Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft.** Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen 2101.

72 Khaliq I, Rixen C, Zellweger F et al (2024) **Warming underpins community turnover in temperate freshwater and terrestrial communities.** Nature Communications 15: 1921.

73 BAFU (Hrsg.) (2024) **Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2023. Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer.** Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Zustand 2413.

74 Lahnsteiner F (2012) **Effect of temperature on the reproductive potential of teleost fish.** Blue Globe Foresight. Klima- und Energiefonds.

75 Altermatt F (2020) **Die ökologische Funktion der Gewässerräume.** Umweltrecht in der Praxis 2020(1): 51–67.

76 BPUK, BAFU (Hrsg.) (2023) **Festlegung des Gewässerraumes. Stand und Fortschritt der Umsetzung per 31. März 2023.** Auswertung der Kantonsumfrage. Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz. Bundesamt für Umwelt.

77 BAFU (Hrsg.) (2019) **Renaturierung der Schweizer Gewässer. Stand Umsetzung Revitalisierungen 2011–2019.**

78 BAFU, InfoSpecies (Hrsg.) (2023) **Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz Synthese Rote Listen.** Bundesamt für Umwelt, Schweizerisches Informationszentrum für Arten. Umwelt-Zustand 2305.

79 Vonlanthen P, Achermann N, Rossbacher S, Dönni W, Guthruf J, Gousskov A, Zaugg C, Plomb J, Alexander T (2025) **NAWA TREND Biologie, 4. Kampagne (2023), Fachbericht Fische.** Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

80 Gebert F, Bollmann K, Siber R, Schuwirth N (2022) **Zeitliche Trends von Makroinvertebraten. Kantonale und nationale Monitoringdaten im Vergleich.** Aqua & Gas 102(10): 76–82.

81 Haase P, Bowler DE, Baker NJ et al (2023) **The recovery of European freshwater biodiversity has come to a halt.** Nature 620: 582–588.

82 Gebert F, Obrist MK, Siber R, Altermatt F, Bollmann K, Schuwirth N (2022) **Recent trends in stream macroinvertebrates: warm-adapted and pesticide-tolerant taxa increase in richness.** Biology Letters 18: 20210513.

83 Lachat T, Pauli D, Gonseth Y, Klaus G, Scheidegger C, Vittoz P, Walter T (Red.) (2010) **Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?** Bristol-Stiftung. Haupt Verlag.

84 Bergamini A, Ginzler C, Schmidt BR et al (2025) **Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS). Zustand und Veränderungen in den Biotopen von nationaler Bedeutung nach zwei Erhebungsperioden.** WSL-Berichte 174.

85 Moor H, Bergamini A, Vorburger C, Holderegger R, Bühler C, Egger S, Schmidt BR (2022) **Bending the curve. Simple but massive conservation action leads to landscape-scale recovery of amphibians.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 119: e2123070119.

86 Ismail SA, Geschke J, Kohli M, Spehn E, Inderwildi O, Santos MJ, Fischer M (2021) **Klimawandel und Biodiversitätsverlust gemeinsam angehen.** Swiss Academies Factsheets 16(3).

87 Biggs J, Hoyle S, Matos I, Oertli B, Teixeira J (2024) **Using ponds and pondscapes as nature-based solutions.** University of Vic – Central University of Catalonia. Guidance for policy makers on the use of ponds and pondscapes as nature-based solutions for climate change mitigation and adaptation. EU Horizon 2020 Ponderful project.