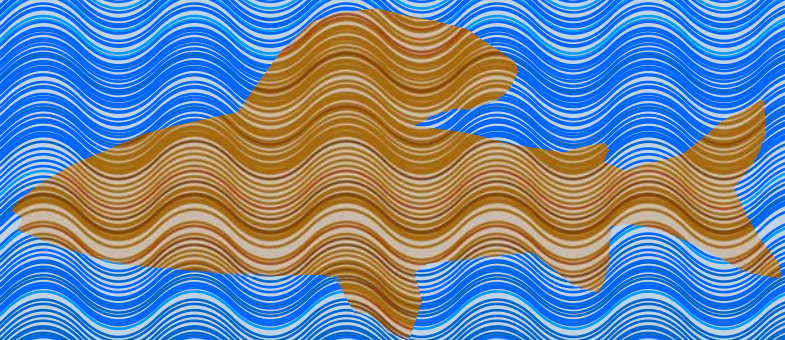


# Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen



Arbeitshilfe

F.13

Anpassung an den Klimawandel  
PILOTPROGRAMM, PHASE II  
Projekt F.13 Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen

AquaPlus

---

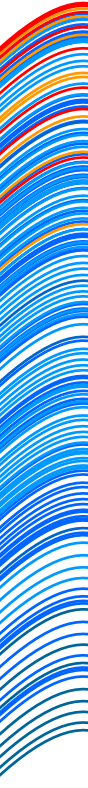
## Hinweis

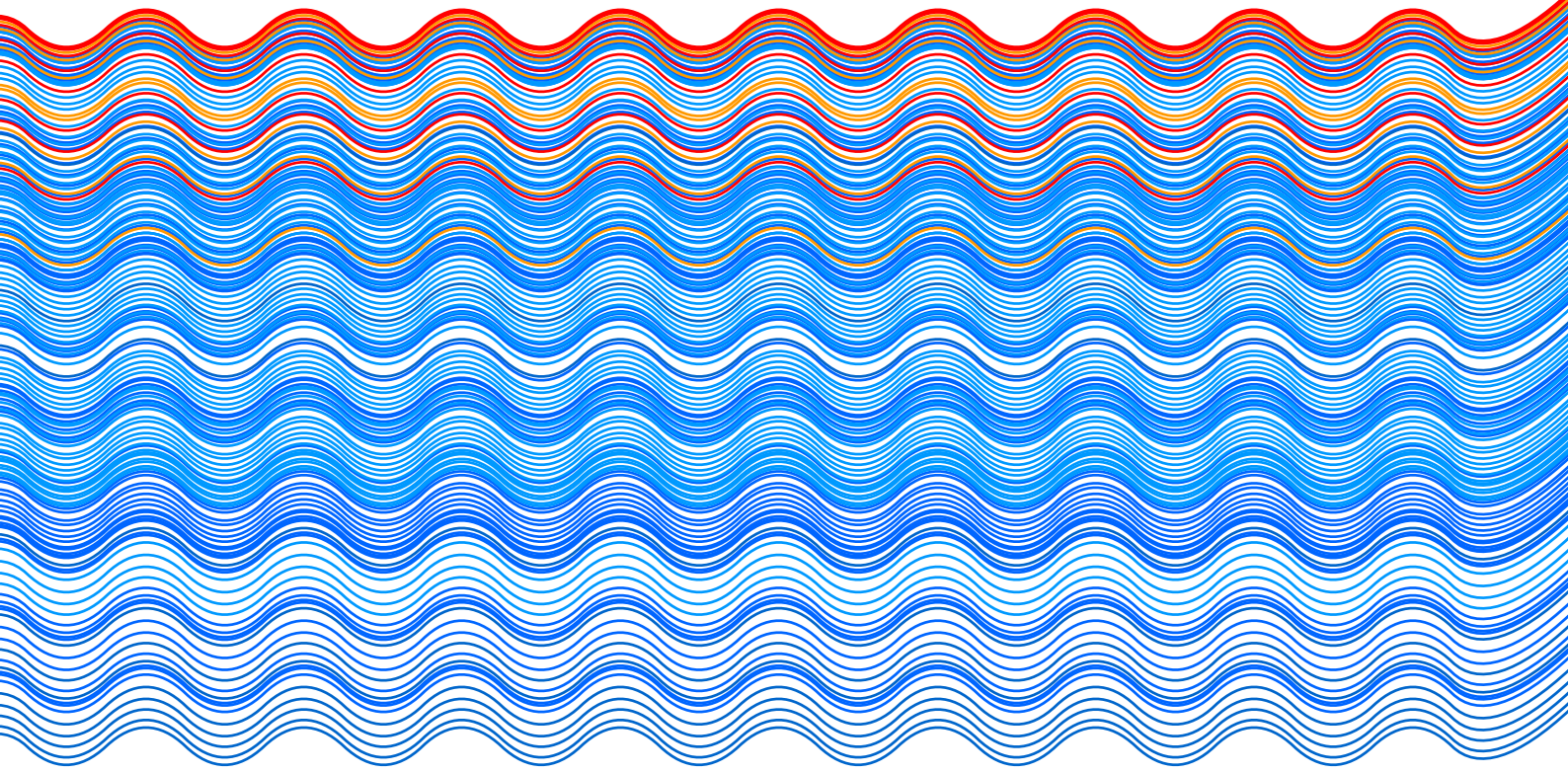
Diese Arbeitshilfe basiert auf dem Fachbericht zum best-practice Handbuch (AquaPlus, 2021). Es stellt die zentralen Erkenntnisse für die Praxis dar, welche im «Pilotprojekt Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen (Projekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel)» erarbeitet wurden. Die Methodik zur Erarbeitung der Grundlagen und Massnahmen sowie weiterführende Informationen, Abbildungen und weiterführende Literaturhinweise befinden sich im Fachbericht.

---

## Impressum

- Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU  
Worbentalstrasse 68 · CH-3062 Ittigen
- Projektpartner: Kt. Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Sektion Jagd und Fischerei · Kt. Basel-Landschaft, Amt für Wald beider Basel, Jagd und Fischerei · Kt. Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie, Oberflächengewässer · Kt. Schaffhausen, Departement des Innern, Fischereiaufsicht, Jagd und Fischerei · Kt. Thurgau, Amt für Umwelt, Jagd- und Fischereiverwaltung · Kt. Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fischerei- & Jagdverwaltung.
- Begleitung: Lukas Bammatter (Kanton Zürich)  
Diego Dagani (BAFU)  
Dario Moser (Kanton Thurgau)  
Mirica Scarselli (Kanton Basel-Stadt)  
Christian Tesini (Kanton Aargau)  
Patrick Wasem (Kanton Schaffhausen)  
Daniel Zopfi (Kanton Basel-Landschaft)
- Auftragnehmer: AquaPlus AG  
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug  
www.aquaplus.ch · admin@aquaplus.ch
- Autoren: Mathieu Camenzind · Tino Stäheli · Andres Hagmayer
- Layout: AquaPlus AG
- Zitervorschlag: AQUAPLUS 2022: Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen. Arbeitshilfe. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel.





# 1 Einleitung

Während Hitzeereignissen in den Sommern 2003 und 2018 stiegen die Wassertemperaturen im Hochrhein über 25 °C. Dies führte bei empfindlichen Fischarten wie der Äsche zu Hitzestress, und in der Folge kam es in beiden Jahren zu Fischsterben. Die für die Fischerei verantwortlichen Stellen der Anrainerkantone ergriffen bei diesen Ereignissen eine Reihe von Notmassnahmen, mit dem Ziel, die Fische vor Hitzestress zu schützen bzw. deren Überlebenschancen zu erhöhen.

Situationen mit Hitze und Trockenheit sind bedingt durch den Klimawandel in Zukunft vermehrt zu erwarten. Neben dem Hochrhein können auch weitere grosse und mittlere Fließgewässer betroffen sein. Eine gute Vorbereitung kann helfen, die Lebensgemeinschaft der Fische bei künftigen Hitzeereignissen bestmöglich zu schützen. Die vorliegende Arbeitshilfe basiert auf den gemachten Erfahrungen der Jahre 2003 und 2018. Sie gliedert sich in eine Einführung in die Problematik von Hitzeereignissen und bietet praxisnahe Lösungen zur Bewältigung von Hitzeereignissen mittels Anleitung zur Notfallplanung und Massnahmenblättern.

## 2 Problematik

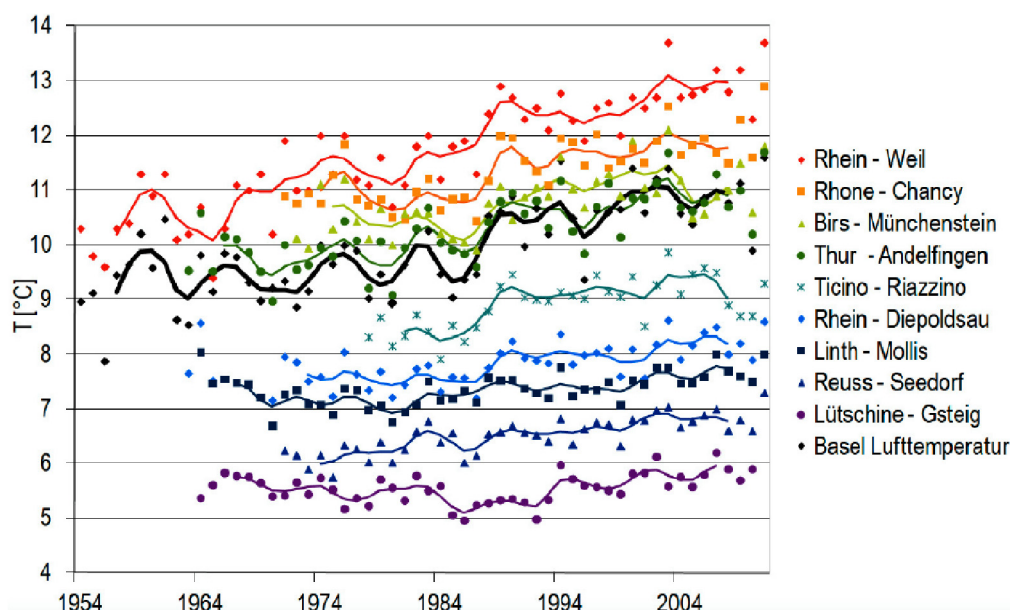
### 2.1 Klimawandel findet statt – es wird wärmer

In den letzten 40 Jahren fand eine klare und kontinuierliche Wassererwärmung in Schweizer Flüssen von  $+0.33\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro Jahrzehnt – seit den 1980er Jahren sind das über  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  – statt, wobei diese Erwärmung im Flachland ausgeprägter war [1] (Abbildung 1). In Seen beträgt die Erwärmung des Oberflächenwassers  $+0.40\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro Jahrzehnt. Die Erwärmung erfolgt also schneller als in Fließgewässern, wirkt sich auf die Schichtung der Seen aus und hat einen verstärkenden Effekt auf die Erwärmung in unterliegenden Fließgewässern. Im alpinen Raum wirkt das intensivere Abschmelzen von Schnee und Eis der Erwärmung von Fließgewässern vorübergehend noch entgegen.

Die Prognosen für die weitere Entwicklung sagen auch im «best-case»-Szenario (d. h. mit consequentem Klimaschutz) eine weitere starke Erwärmung bis Mitte des Jahrhunderts voraus [1]. Dies wird weitreichende Konsequenzen für die aquatischen Ökosysteme zur Folge haben, denn gewisse Arten werden sich nicht an die rasch ändernden Bedingungen anpassen können. Massnahmen zum Schutz der Fischfauna vor extremen Ereignissen gewinnen daher zunehmend an Bedeutung und können die Auswirkungen der nicht mehr abwendbaren Gewässererwärmung im besten Fall mindern.

#### 2.1.1 Hitzetage und Hitzeereignisse

Hitzeereignisse oder Hitzewellen sind Phasen, die zu ungewöhnlich hohem Temperaturstress führen und vorübergehende Veränderungen im Verhalten eines Organismus nach sich ziehen [3].



**Abbildung 1: Wassertemperaturverlauf der letzten Jahrzehnte** für 9 ausgewählte Stationen und Basel (Lufttemperatur) [2].

Hitzeereignisse sind für temperaturempfindliche Arten besonders gefährlich, da sich Gewässer innerhalb relativ kurzer Zeit sehr stark erwärmen können. Die Anzahl Hitzetage (Lufttemperatur über 30° C) hat in der Schweiz in den vergangenen Jahrzehnten zugenommen (MeteoSchweiz).

## 2.2 Unsere Fische lieben es kühl

### 2.2.1 Warum ist das so?

Die Schweiz war einst dicht bewaldet und ein Grossteil der Fliessgewässer gut vernetzt, strukturiert und durch Ufergehölze gesäumt. Diese Beschattungen hatten relativ kühle Fliessgewässer zur Folge an die sich die Gewässerorganismen über Generationen angepasst haben.

Bei Temperaturen ausserhalb dieses optimalen Temperaturbereichs, kann der Organismus in Stress oder sogar Lebensgefahr geraten. Bei Fischen spricht man bei zu hohen Temperaturen von «Hitze-stress». Die thermischen Grenzen sind art- und individuenspezifisch und hängen unter anderem von Entwicklungsstadium, Akklimatisierungszeit, Jahreszeit, Sauerstoffgehalt, Gewässerverschmutzung, Auftreten von Krankheitserregern oder Interaktion mit anderen Organismen ab [4] (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Zusammenstellung der Temperaturanforderungen der Lebensstadien verschiedener Fischarten [5,6,7].**

	Bachforelle	Äsche	Flussbarsch	Elritze	Nase
<b>Fortpflanzung</b>	1–10 °C	5.5–7.2 °C	12 °C	Temp.erhöhung um 6–11 °C	8–15 °C
<b>Embryonalentwicklung</b>	2–9 °C	6–13 °C	12–18 °C	12–24 °C	12–18 °C
<b>Adulttiere</b>	5–18 °C	5–18 °C	–	–	5–18 °C
<b>Letal</b>	>25 °C	>25 °C	–	–	>23 °C

### 2.2.2 Effekte von längerfristigen Temperaturveränderungen

Aufgrund der Erwärmung der Gewässer wird davon ausgegangen, dass eine Verschiebung der Fischartenzusammensetzung in unseren Mittellandgewässern stattfinden wird. Langfristig wird sich ein verändertes Artenspektrum einstellen, in welchem neben wärmetoleranten Cypriniden möglicherweise auch angepasste neozoische Arten eine bedeutende Rolle spielen. Kälte- und sauerstoffliebende Arten werden – sofern die Lebensräume geeignet und die Gewässer vernetzt sind – zunehmend in hö-

here Lagen verdrängt oder in gewissen Gewässern ganz verschwinden. Diese Entwicklung lässt sich nicht mehr aufhalten. Wie weitgehend die Veränderungen bei der Lebensgemeinschaft der Fische sein wird, hängt davon ab, ob wirksame Klimaschutzmassnahmen ergriffen werden.

Es sollte jedoch immer auch darauf geachtet werden, die zur Verfügung stehenden Ressourcen zum Schutz der Fische effizient einzusetzen. Das kann bedeuten, dass Massnahmen zum Schutz der «zukünftigen Fischfauna» sinnvoller sind als Massnahmen zum Schutz der «heutigen Fischfauna». Es ist daher wichtig, auch die Akzeptanz veränderter Artenspektren als Fischschutz zu verstehen.

### 2.2.3 Effekte von Hitzestress auf Fische

Fische können ihre Körpertemperatur nicht regulieren, diese ist von der Wassertemperatur abhängig. Typischerweise tolerieren Kaltwasserarten Temperaturen über 25 °C nicht [8] (Abbildungen 2 und 3; Tabellen 2 und 3).

Die Wassertemperatur steuert interne Prozesse wie Proteinbildung, Stoffwechselrate, Körperisolation oder Verhalten [9]; [10]. Bei zu hohen Temperaturen werden diese Prozesse gestört, was u. a. zu einer erhöhten Anfälligkeit für Krankheiten [11] führen kann. Temperaturerhöhungen haben weiter auch indirekt durch veränderte physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers Auswirkungen auf Fische [12].

Fische zeigen bei veränderten Temperaturen unterschiedliche Effekte:

- Lethale Effekte: Hohe oder tiefe Temperaturen führen zum Tod.
- Kontrollierte Effekte: Sublethale Effekte, die Auswirkungen auf physiologische und biochemische Prozesse wie Wachstum, Stoffwechselrate oder Reproduktion haben (Tabelle 1).
- Direkte Effekte: Verhaltensänderungen hinsichtlich Bewegungsmuster und Wanderungen.

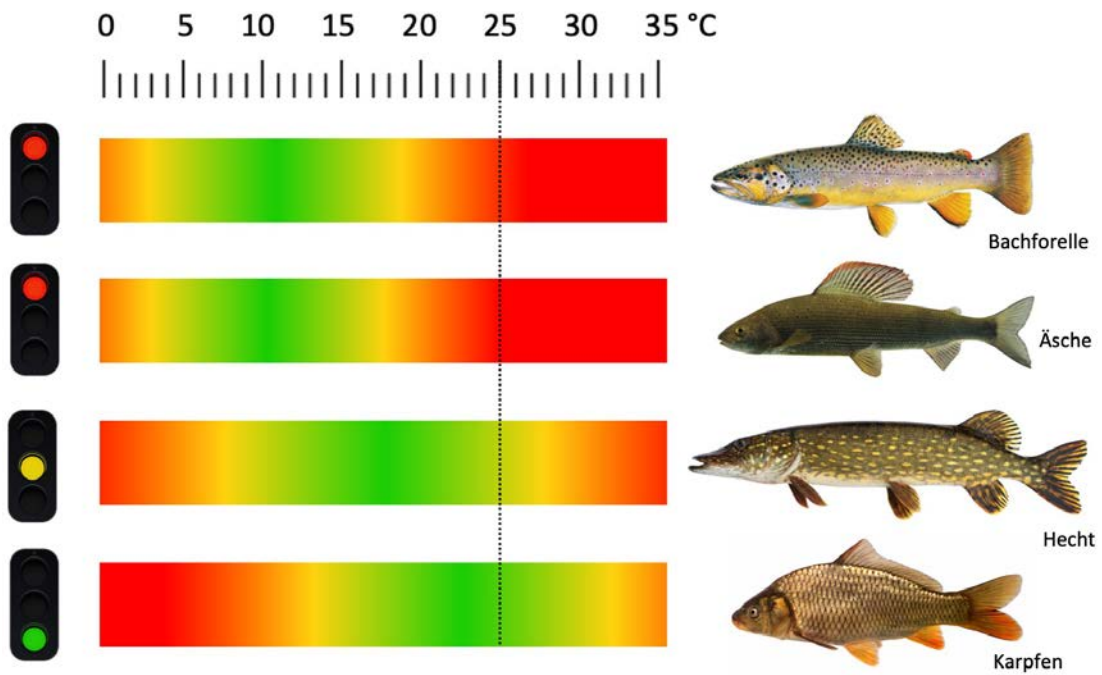


Abbildung 2: Optimaler (grün) bis kritischer (rot) Temperaturbereich für vier einheimische Süßwasserfischarten. Typischerweise tolerieren Kaltwasserarten (z. B. Bachforelle, Äsche) Temperaturen über 25 °C (gestrichelte Linie) nicht [8].

2 Problematik

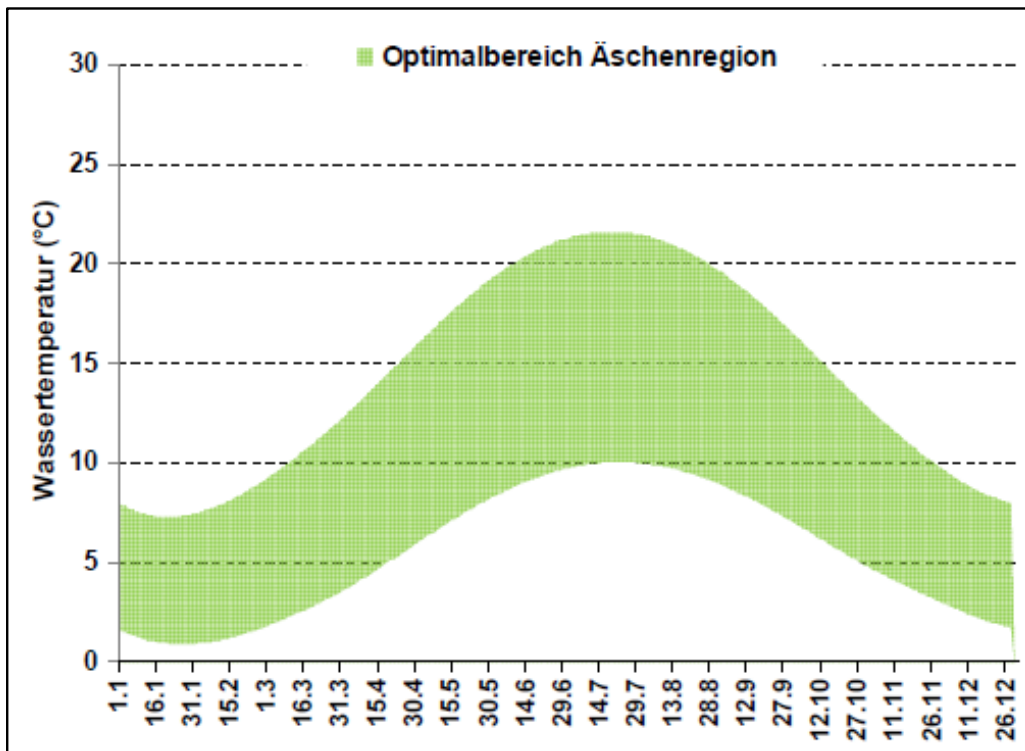


Abbildung 3: Temperaturzielkurve für die Äschenregion (guter ökologischer Zustand Mittelgebirgsgewässer des Hyporhithrals) [13].



Tabelle 2: Auswirkungen von Temperaturveränderungen auf Fische

	Veränderung in der Wassertemperatur	Direkte Effekte	lethaler Bereich
Physiologische Auswirkungen	Plötzliche Temperaturveränderungen / Temperaturen ausserhalb des Optimalbereiches.	Stress (verändert Blutdruck, Körpertemperatur, Blutzuckerspiegel, osmotischen Druck und Gewebehydrierung): Schock, Adaptation.	Stress: Erschöpfungsphase.
		Verändertes Reproduktionsverhalten.	Eingestelltes Reproduktionsverhalten.
	Temperatur übersteigt Grenzwert.	Negative Effekte auf die Embryonalentwicklung.	Abgebrochene Embryonalentwicklung.
Verhaltensbiologische Auswirkungen	Temperatur im Gewässer steigt.	Meidung von zu warmen Gewässern (Temperaturblockaden) bereits bei Temperaturerhöhungen von 3–4 °C über dem bevorzugten Temperaturbereich.	
	Temperatur übersteigt Optimalbereich.	Meidung von ungünstigen Bereichen, veränderte Verteilung der Fische im Wasserkörper.	Bei fehlender Ausweichmöglichkeit tritt irgendwann der Tod ein.

Tabelle 3: Effekte von Hitzestress auf Fische

	Wirkung mit zunehmender Wassertemperatur	sublethaler Bereich	lethaler Bereich
Abiotische Effekte (physikalisch / chemische)	Sinken der Sauerstoffsättigung im Wasser, Zunahme des Sauerstoffbedarfs von Fischen.	< 6 mg/l	< 3–4 mg/l
	Umwandlung von Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) zu giftigem Ammoniak (NH <sub>3</sub> ).	Schon geringe Ammoniakkonzentrationen sind giftig.	Erhöhte Ammoniakkonzentrationen sind tödlich.
	Verstärkung der Toxizität verschiedener Stoffe wie PAK oder Schwermetalle.	Stoffabhängig.	Stoffabhängig.
Physiologische Auswirkungen	Beschleunigter Stoffwechsel.	Erhöhter Nahrungs- und Sauerstoffbedarf.	Organversagen.
	Erhöhung der Atemfrequenz, dadurch erhöhte Schadstoffaufnahme.	Stoffabhängig.	Stoffabhängig.

## 3 Wie lösen wir das Problem?

Auf die Aufzählung von übergeordneten Klima schützenden Massnahmen wird an dieser Stelle verzichtet. Hier soll lediglich der Umgang mit Hitzestress-Situationen aufgezeigt werden.

Gleich wie wir uns beispielsweise auf die Bewältigung von Hochwasserereignissen mittels baulichen und Notfallmassnahmen vorbereiten, können wir dies auch bezüglich Hitzestress bei Fischen tun. Dabei kann grob zwischen kurz- und langfristigen Massnahmen unterschieden werden. Diese bedürfen beide einer Planung. Um Sofortmassnahmen erfolgreich umsetzen zu können ist eine Notfallplanung zu erstellen. Diese kann Gewässer- oder Einzugsgebiet spezifisch oder auch allgemein gefasst sein.

### 3.1 Grundlagen

Die Verfügbarkeit von relevanten Informationen und geeigneter Grundlagen bzw. deren Beschaffung spielt für den Schutz der Fische vor Hitzeereignissen eine zentrale Rolle. Zum einen können anhand solcher Grundlagen Massnahmen adäquat geplant und priorisiert werden, um die zur Verfügung stehenden Mittel (Finanzen, Personal) möglichst effizient einzusetzen. Zum anderen werden gewisse Grundlagendaten benötigt (z. B. Wassertemperatur, Abflüsse, Wetterprognosen etc.), um ein potenziell bevorstehendes Hitzeereignis zu prognostizieren und zu identifizieren. Des Weiteren können mit entsprechenden Grundlagen weiterreichende Massnahmen ins Auge gefasst werden, wie z. B. die Reduktion der Wassernutzung im Einzugsgebiet wichtiger Seitengewässer in Abhängigkeit des Wasserdargebotes.

→ siehe **NOTWENDIGE GRUNDLAGEN** auf folgender Seite.



## Notwendige Grundlagen

Folgende Grundlagen sind für die Planung und Priorisierung, die Prognose von Hitzeereignissen sowie für die Entwicklung von weiterreichenden Massnahmen notwendig:

- Spezifische Prognosen zu Wetter und Wassertemperatur. Konzept zu deren Nutzung (Überwachung, Bereitschaftswerte, Alarmwerte).
- Dokumentation und Geoinformationen zu Gewässerbereiche mit Grund- oder Hangwasseraustritten.
- Dokumentation und Geoinformationen zu tiefen Stellen in der Gewässersohle (Kolke), welche Fischen ein Refugium bieten.
- Dokumentation und Geoinformationen zu geeignete Deckungsstrukturen, welche von Fischen genutzt werden (können).
- Dokumentation und Geoinformationen aller morphologischen Beeinträchtigungen der Gerinne, welche dem Fischschutz zuwiderlaufen (z. B. Wanderhinder-nisse).
- Übersicht (Karten) der Lage und Ausdehnung von hydrologischen Beeinträch-tigungen (Restwasserstrecken, Staubereiche, Versickerungen etc.).
- Übersicht (Karten) der Nutzungen (Wasserentnahmen, Einleitungen, Entlastun-gen etc.) und deren Regulierung (Konzessionen).
- Kenntnisse über die Fischvorkommen.
- Informationen zum Wasserdargebot der (kühlen) Zuflüsse (Abflussregime, Ab-flussmengen etc.).
- Quellinventar (ungefasste / gefasste Quellen, Schüttungsmengen).
- Inventar der Grundwasservorkommen, der Grundwassentnahmen und deren Re-gulierung (Konzessionen). Zustand der Grundwasserstände.
- Kartierung der Ufervegetation / Informationen zur Beschattung.
- Kenntnisse über die relevanten Feuchtgebiete, welche als Wasserspeicher / Puffer dienen.
- Messnetz (Abfluss, Temperatur, Sauerstoffgehalt- und -sättigung)?
- Konzept zur Anpassung der Bewirtschaftungsmassnahmen an die Gewässer-erwärmung.
- Aktuelle Kenntnisse zu Wasserqualität, Vorkommen von Fischkrankheiten (PKD, Saprolegnia etc.), Ausbreitung von Neobiota etc.

### 3.2 Erstellen eines Notfallkonzepts

Ein durchdachter Notfallplan bildet die Grundlage für ein erfolgreiches Krisenmanagement und ermöglicht eine rasche, unbürokratische und vollständige Durchführung der notwendigen Fischschutzmassnahmen.

Notfallpläne regeln alle Schritte (d. h. von den Zuständigkeiten über die Organisation des benötigten Personals und Materials bis hin zur konkreten Durchführung der Schutzmassnahmen) und stellen sicher, dass die kurzfristigen Schutzmassnahmen schnell und effizient umgesetzt werden können. Folgende Punkte sollten in einem «Notfallplan Fischschutz bei Hitzeereignis» behandelt werden:

- Rechtliche Grundlagen
- Organisationsstruktur und Zuständigkeiten
- Finanzierung
- Kommunikationstrategie und Öffentlichkeitsarbeit
- Planung und Priorisierung von Massnahmen
- Bewilligungen für Massnahmen
- Auftrags- und Arbeitsvergabe an Bauunternehmer
- Rekrutierung und Mobilisierung von Personal
- Beschaffung und Bereitstellung von Material und Werkzeugen
- Definition der Alarmschwellenwerte
- Ausführung von Massnahmen
- Fachgerechte Entsorgung der Kadaver bei Fischsterben
- Erfolgskontrolle

Auf die oben genannten Punkte wird im Folgenden detaillierter eingegangen.

### 3.2.1 Rechtliche Grundlagen

Massnahmen zum Schutz der Fische vor Hitzeereignissen müssen unter Berücksichtigung des geltenden Rechtes erfolgen. Auf Bundesebene existieren diverse Gesetze, welche die Behörden (insbesondere die Kantone) dazu verpflichten, solche Massnahmen anzuordnen oder zumindest zu billigen. Das Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) vom 21. Juni 1991 (SR 923.0) fordert die Kantone dazu auf, geeignete (z. T. kurzfristige) Massnahmen zum Schutz der Fischfauna zu treffen:

- Gemäss Artikel 5 Absatz 2 des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) vom 21. Juni 1991 (SR 923.0) können Kantone zum Schutz von Lebensräumen von gefährdeten Arten und Rassen Massnahmen anordnen. Gestützt auf diesen Artikel können, neben Schonbestimmungen und Fangverboten, auch andere Massnahmen zum Schutz der gefährdeten Arten und Rassen von Fischen und Krebsen getroffen werden.
- Gemäss Art. 7 BGF haben die Kantone dafür zu sorgen, dass Bachläufe, Uferpartien und Wasservegetationen, die beim Laichen und dem Aufwachsen der Fische dienen, erhalten bleiben. Sie ergreifen nach Möglichkeit Massnahmen zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Wassertiere sowie zur lokalen Wiederherstellung zerstörter Lebensräume.
- Der Bund kann gemäss Art. 12 BGF u.a. für Massnahmen zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Wassertiere sowie zur lokalen Wiederherstellung zerstörter Lebensräume Finanzhilfe von bis zu 40 Prozent der Kosten gewähren.

Rechtliche Vorgaben für langfristige Massnahmen lassen sich auch aus dem Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz GSchG) vom 14. Januar 1991 (SR 814.20), dem Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) vom 21. Juni 1991 (SR 721.100), dem Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1996 (SR 451) sowie zahlreichen kantonalen Gesetzen ableiten.

### 3.2.2 Organisationsstruktur und Zuständigkeiten

Die Hoheit über die Gewässer und die Fischerei obliegt den Kantonen. Entsprechend liegt die Verantwortung für die Umsetzung von geeigneten Fischschutzmassnahmen zum Schutz der Fische vor Hitzeereignissen bei den Fischereifachstellen, den Umweltämtern oder den Gewässerschutzfachstellen der Kantone. Eine enge Zusammenarbeit bzw. Koordination von Massnahmen zwischen benachbarten und/oder gleichzeitig betroffenen Kantonen ist dabei von grossem Vorteil.

Die Organisationsstruktur und Zuständigkeiten sollen bereits im Notfallplan klar definiert werden. Die Leitung über die Notmassnahmen werden von den Fischereifachstellen idealerweise auf eine erfahrene Mitarbeiterin oder einen erfahrenen Mitarbeiter der Fischereiaufsicht übertragen. Diese Person leitet

und koordiniert die Einsätze. Die Umsetzung von vorbereiteten Notmassnahmen kann dabei mit freiwilligen Helferinnen und Helfer beschleunigt werden. Freiwillige Hilfskräfte können über die lokalen Fischereivereine oder Naturschutzgruppen rekrutiert werden.

### 3.2.3 Finanzierung

Eine gesicherte Finanzierung ist für die rasche Umsetzung von Notmassnahmen unerlässlich und die Bereitstellung dieser Mittel sollte ebenfalls im Notfallplan definiert werden.

Die Finanzierung über das reguläre Budget der Fischereifachstellen ist vermutlich die einfachste Art, Mittel für solche ausserordentlichen Massnahmen bereitzustellen. Da solche Hitzeereignisse, die tatsächlich Massnahmen erforderten, in der Vergangenheit relativ selten waren, ergeben sich für die Finanzplanung allenfalls Probleme. D. h. es müssen im umkämpften Budget neue Budgetposten geschaffen werden. Ähnliche Herausforderungen stellen sich, wenn die Finanzierung über das reguläre Budget für den Gewässerunterhalt erfolgen soll.

Es wird die Errichtung eines spezifischen «Hitzeschutz-Notmassnahme-Fonds» empfohlen, der primär über jährliche Beiträge der Fischerei- und Gewässerschutzfachstellen alimentiert werden kann. Die jährlichen Beiträge an den Fond können aus dem regulären Budget stammen. Zusätzlich kann ein solcher Fond aus weiteren Finanzquellen gespiesen werden, z. B. andere öffentliche Institutionen, Spenden von Privaten und NGOs, Lotteriefond etc.

### 3.2.4 Kommunikationsstrategie und Öffentlichkeitsarbeit

Eine gute und breit gestreute Kommunikation über die zu treffenden Massnahmen ist sehr wichtig für deren Akzeptanz bei der Bevölkerung, insbesondere da gewisse Massnahmen mit Einschränkungen (z. B. für Freizeitsuchende, Landwirte etc.) einhergehen können.

Im Notfallplan sind die verschiedenen Kommunikationskanäle (lokale oder regionale Medien, Informationstafeln bzw. -plakate vor Ort etc.) und der grobe Inhalt der Mitteilungen zu definieren. Ist eine Hitzewelle und entsprechende Fischschutzmassnahmen absehbar, soll die Bevölkerung nach Möglichkeit bereits im Voraus informiert werden.

### 3.2.5 Planung und Priorisierung von Massnahmen

Basierend auf den beschafften Grundlagen über das entsprechende Einzugsgebiet (siehe Kapitel 3.1 «Notwendige Grundlagen»), können Massnahmebereiche lokalisiert und Fischschutzmassnahmen somit adäquat geplant und priorisiert werden. Dabei ist es wichtig, das notwendige Material und Personal im Voraus organisiert zu haben um frühzeitig (bei Erreichen der festgelegten Grenzwerte) reagieren zu können. Damit kann verhindert werden, dass Massnahmen erst während des Höhepunkts

von Hitzeereignissen umgesetzt und die bereits gestressten Fische zusätzlich gestört werden.

Nach der Lokalisierung von möglichen Massnahmenbereichen gilt es diese einer Priorisierung zu unterziehen. Dabei sollen Orte und Massnahmen mit dem grössten Potenzial, entweder möglichst viele Fische oder spezifisch seltene und gefährdete Arten retten zu können, zuerst umgesetzt werden. Insbesondere gilt es auch das Kosten/Nutzen-Verhältnis in Betracht zu ziehen. Dabei hilft es möglichst aktuelle Daten über das Fischvorkommen zur Verfügung zu haben (Fischfangstatistik, Laichfischfang, Baustellenabfischungen, wissenschaftliche Untersuchungen etc.).

### 3.2.6 Bewilligungen für Massnahmen

Bauliche Eingriffe in und an Gewässern sind im Gewässerschutzgesetz (GSchG) und im Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) geregelt. Kurzfristige Massnahmen, die von Hand ausgeführt werden können, wie z. B. das Anbringen von Abdeckplanen, Absperrungen, Informationstafeln sowie das manuelle Graben in der Gewässersohle mit Hacken und Schaufeln erfordern in der Regel keine Bewilligung. Kommen jedoch schwere Maschinen wie z. B. Schaufelbagger in oder an einem Gewässer zum Einsatz oder erfolgen die Eingriffe in sensiblen Bereichen (z. B. Schutzgebieten, Ufervegetation etc.) oder während sensiblen Zeiträumen (z. B. Laichzeiten), müssen entsprechende Bewilligungen bei den zuständigen kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen im Voraus eingeholt werden.

### 3.2.7 Auftrags- und Arbeitsvergabe an Bauunternehmer

Idealerweise wird die Bauunternehmung für die Umsetzung von kurzfristigen Fischschutzmassnahmen bereits mit der Planung der Massnahmen gefunden. Von Vorteil ist eine gebietskundige Unternehmung, die rasch und flexibel eingesetzt werden kann. Es müssen wie bei regulären Bauarbeiten in Gewässern die einschlägigen Vorgaben zum Gewässerschutz eingehalten werden (z. B. Umgang mit gewässergefährdenden Flüssigkeiten). Die Zusammenarbeit mit lokalen Fischern, die wissen, worauf bei der Umsetzung der Massnahmen acht gegeben werden muss, ist dabei wichtig. Die Unternehmung soll auch bei allfälligen Nachbesserungen jederzeit zur Verfügung stehen können.

### 3.2.8 Rekrutierung und Mobilisierung von Personal

Es gilt frühzeitig den Kontakt mit Fischereivereinen zu suchen, um gegebenenfalls genügend Personal, welches die fischbiologischen Anforderungen versteht, zur Verfügung zu haben. Allenfalls hilft auch ein Aufruf in der lokalen Zeitung oder ein aufgehängtes Informationsschreiben, um motivierte Freiwillige zu finden. Der Einsatz von Freiwilligen muss gut koordiniert werden. Eine Schulung vor Ort durch die erfahrenen Verantwortlichen ist zwingend notwendig. Idealerweise ist bei der Umsetzung von Massnahmen jeweils mindestens eine Person vor Ort, die genügend Erfahrung mitbringt und die engagierten Freiwilligen instruieren und Fragen beantworten kann. Falls möglich sollten immer

dieselben Leute bei denselben Massnahmen im Einsatz stehen (auch für die späteren Nachbesserungen), da sie die lokalen Verhältnisse am besten kennen. Die Grundlagen für hitze- und trockenheitsbedingte Probleme bei Fischen könnten in einem FIBER-Kurs oder SANA-Kurs einer breiten Allgemeinheit vermittelt werden.

### 3.2.9 Beschaffung und Bereitstellung von Material und Werkzeugen

Material und Werkzeuge, die für die Durchführung von kurzfristigen Notmassnahmen erforderlich sind, müssen bereits im Voraus beschafft und bereitgestellt werden. Es empfiehlt sich, das ganze benötigte Material (Abdeckplanen, Absperrbänder, Informationstafeln, Schaufelradbelüfter, Befestigungsmaterial wie Seile, Spanngurte und Eisenpfähle etc.), sowie die Werkzeuge (Vorschlaghammer, Schaufeln, Hacken, Zange etc.) zusammen mit einer Installations- und Arbeitsanleitung als Gebinde (z.B. auf Europaletten) zu verpacken. Die vorbereiteten Gebinde sollten bereits im Voraus in der Nähe des Einsatzortes oder bei den ausführenden Personen (z. B. im Vereinslokal eines Fischereivereines) gelagert werden.

### 3.2.10 Definition der Alarmschwellenwerte

Notmassnahmen müssen umgesetzt werden, noch bevor die Wassertemperaturen die für die Zielfischarten kritischen Werte übersteigen. Die Definition von Alarmschwellenwerten erleichtert es den verantwortlichen Stellen, die Vorbereitungen und die Ausführung von Notmassnahmen anzuordnen.

Idealerweise orientieren sich die Alarmschwellenwerte an der jeweiligen Fischregion bzw. der Zielarten. Im Hochrhein beispielsweise sind die hitzeempfindlichen Fischarten vor allem die Äsche und die Bachforelle.

Eine Alarmierung kann in zwei Stufen erfolgen:

- (1) Erstellung der **Bereitschaft** beim Erreichen einer Wassertemperatur, die dem oberen kritischen Temperaturbereich der Zielfischart entspricht (z. B. Äsche: 18–24 °C, siehe Tabelle 1). Ab diesem Zeitpunkt werden die Wetterentwicklung der nächsten Tage genau beobachtet und die Endvorbereitungen für die Ausführung der Notmassnahmen getroffen.
- (2) Auslösung der **Massnahmen** bei der Überschreitung einer Wassertemperatur, die dem oberen Temperaturbereich der Zielfischart entspricht (z. B. Äsche: > 24 °C, siehe Tabelle 1) und einer ungünstigen Wetterentwicklung (Wetterprognose mit mehreren darauffolgenden Hitzetagen ohne Niederschläge).



### 3.2.11 Ausführung von Massnahmen

Bei der Erstellung der Bereitschaft (Alarmstufe 1) werden im Rahmen der Endvorbereitung alle beteiligten Personen (Mitarbeiter, Helfer etc.) und Unternehmer über einen möglichen Einsatz informiert. Zu diesem Zeitpunkt ist es sinnvoll, die Hilfspersonen über die geplanten Massnahmen und die groben Arbeitsschritte und Abläufe zu unterrichten. Auch soll die Bevölkerung über diverse Kommunikationskanäle (Zeitungen, Radio, Online-Medien etc.) über die bevorstehenden Massnahmen und allfälligen Beschränkungen informiert werden.

Wird die Auslösung der Massnahmen (Alarmstufe 2) notwendig, müssen alle Beteiligten mobilisiert und die konkreten Aufgaben bzw. Arbeiten an die zuständigen Personen delegiert werden. Die Umsetzung der Massnahmen soll möglichst schnell erfolgen.

Die umgesetzten Notmassnahmen werden täglich kontrolliert und, falls nötig, Anpassungen oder Verbesserungen daran vorgenommen.

### 3.2.12 Fachgerechte Entsorgung der Kadaver bei Fischsterben

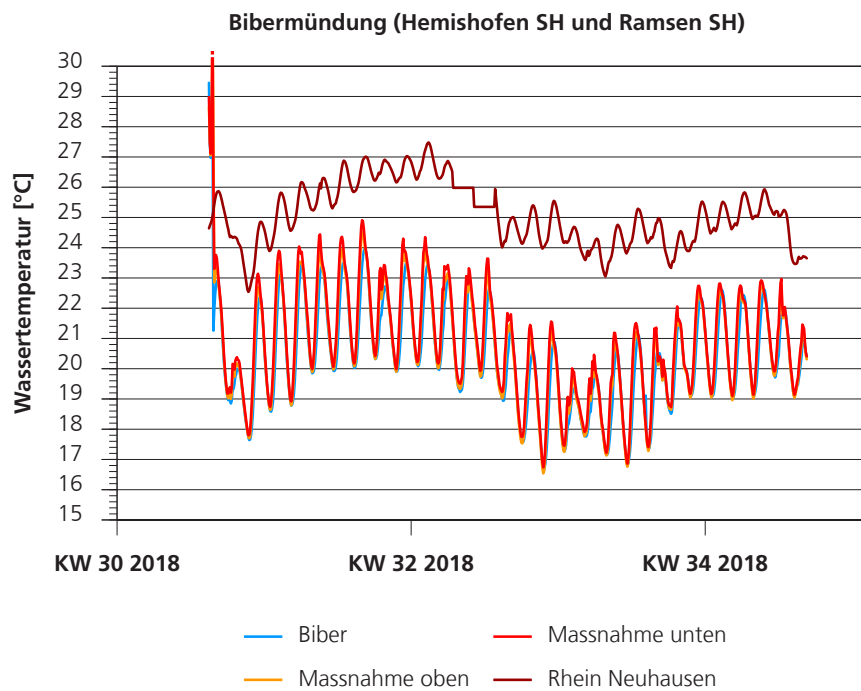
Sollte es trotz der getroffenen Massnahmen zu einem Fischsterben kommen, müssen die Fischkadaver eingesammelt und entsorgt werden. Dafür können lokale Fischer oder der Zivilschutz aufgeboten werden, welche die fachgerechte Entsorgung von Tierkadavern und deren Zuführung in die Tierkörperverbrennungsanlage organisieren.

### 3.2.13 Erfolgskontrolle

Um die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen zu überprüfen, soll nach Möglichkeit eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden. Anhand der Erkenntnisse aus den durchgeführten Erfolgskontrollen lassen sich Massnahmen priorisieren oder allfällige Anpassungen und Verbesserungen an den bereits durchgeführten Massnahmen umsetzen.

Es soll etwa überprüft werden, ob die Schaffung einer Kaltwasserzone funktioniert hat. Dies lässt sich einfach mittels Temperaturmessungen (z. B. der Installation von Temperatur-Datenloggern oder regelmässigen Handmessungen) erreichen (Abbildung 4).

Weiter kann die Nutzung von Refugien durch Fische überprüft werden, etwa mittels Videosystemen oder regelmässigen Kontrollgängen von geschulten Personen. So lassen sich Aussagen über die Auffindbarkeit oder die Fassungskapazität einer einzelnen Massnahme treffen. Von Elektrobefischungen sollte jedoch unbedingt abgesehen werden.



**Abbildung 4: Temperaturmessungen in der künstlich angelegten Kaltwasserzone** im Bereich der Biber-  
mündung (Gemeinden Hemishofen SH und Ramsen, SH) im Hitzesommer 2018. Der Verlauf der Wassertempe-  
ratur innerhalb der Massnahme folgt dem Temperaturverlauf der Biber und liegt deutlich unterhalb der Wasser-  
temperatur des Rheins und knapp unter der kritischen Wassertemperatur von 25 °C (Daten: AquaPlus AG).

## **Dank**

Ein herzlicher Dank für den wertvollen Beitrag von Expertenwissen geht an Adrian Auckenthaler, Adrian Aeschlimann, Guido Derungs, Thilo Herold, Thomas Lang, Pius Niederhauser, Armin Peter, Philipp Sicher und Pascal Vonlanthen. Für die Begleitung des Projektes und den Einblick in die Tätigkeiten in ihren Kantonen danken wir den Mitgliedern der Begleitgruppe Lukas Bammatter, Diego Dagani, Dario Moser, Mirica Scarselli, Christian Tesini, Patrick Wasem und Daniel Zopfi. Weiter bedanken wir uns bei Peter Rey und Mirco Müller für ihre zusätzlichen fachliche Unterstützung im Rahmen des durchgeführten Workshops.

# Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen



Massnahmenblätter

# Massnahmenblätter

Best Practice Massnahmen zum Schutz der Fische bei Hitzeereignissen:

## Massnahmen kurzfristig

- AS Anbindung von Seitengewässern
- RS Reduktion von Störungen
- KB Künstliche Belüftung
- KK Künstliche Kaltwasserzonen
- BA Beschattung durch künstliche Abdeckung
- ES Wasserentnahmestop
- NA Notabfischungen

## Massnahmen kurz- und langfristig

- WL Wiederherstellung der Längsvernetzung
- DW Deckungsstrukturen unter Wasser

## Massnahmen langfristig

- BB Beschattung durch Bestockung der Ufer
- SV Strukturverbesserungsmassnahmen

AS

*Massnahme kurzfristig*

## Anbindung von Seitengewässern

Mündungsbereichen von Seitengewässern kommt beim Schutz der Fische vor Hitzeereignissen eine besondere Bedeutung zu, da mittlere und kleine Seitenzuflüsse oft deutlich kühler als das Hauptgewässer sind. Fische suchen bei thermischem Stress gezielt solche kühlen Zuflüsse auf.

Seitengewässer sind heute oftmals durch anthropogene Hindernisse (Abstürze, Schwellen, Durchlässe) oder durch natürliche Barrieren (Deltabildung durch Geschiebeablagerung) vom Hauptgewässer abgeschnitten. Niedrige Wasserstände erschweren die Situation zusätzlich. Die Anbindung von Seitengewässern – permanent oder temporär in Form einer Notmassnahme – erhöht die Verfügbarkeit von wichtigen Refugialräumen während Hitzeperioden.

Bei der Anbindung von Seitengewässern ist darauf zu achten, dass diese für die Fische aus dem Hauptgewässer zugänglich bleiben, auch wenn der Pegel des Hauptgewässers sinkt. Allenfalls muss eine Niederwasserrinne ausgehoben und diese unterhalten werden, um die Vernetzung mit dem Seitengewässer während Trockenheit aufrecht zu erhalten.



### Best Practice «Anbindung von Seitengewässern»

- Abgeschnittene Seitengewässer wieder mit dem **Hauptgewässer vernetzen** (permanent oder als Notmassnahme temporär).
- Seitengewässer sollen auch **bei stark sinkendem Pegel** für Fische zugänglich bleiben.
- **Kühle Seitengewässer mit guter Wasserqualität** priorisieren.

RS

*Massnahme kurzfristig***Reduktion von Störungen**

Die Reduktion von Störungen ist eine der wichtigsten Massnahme zum Schutz der Fische während Hitzeereignissen. Bei thermischem Stress sind temperaturempfindliche Fischarten – welche Bereiche mit kälterem Wasser aufgesucht haben – sehr anfällig auf Störungen wie Bootsverkehr, Badende, Hunde etc. Gleichzeitig ist der Druck durch Erholungssuchende während Hitzeereignissen besonders hoch. Bekannte Rückzugsorte sind vorübergehend so weit wie möglich vor Störung zu schützen.



Die Erfahrungen zeigen, dass ein Paket von Massnahmen zielführend ist:

- Informationstafeln dienen der Sensibilisierung der Bevölkerung und helfen, Akzeptanz für die getroffenen Massnahmen zu schaffen.
- Weiträumige Absperrungen mittels Absperrband oder Gitter verhindern den Zutritt zu den störungsempfindlichen Kaltwasserbereichen.
- Abdeckung durch Planen oder Netze dienen den Fischen als Unterstand (Sichtschutz) sowie Schutz vor Prädation durch fischfressende Vögel.
- Lenkung oder teilweise Einschränkung des Bootsverkehrs.
- Kontrollen durch die Fischereiaufsicht oder die Polizei.
- Sanktionen (Bussen) bei Nichtbeachtung der behördlichen Weisungen.

**Best Practice «Reduktion von Störungen»**

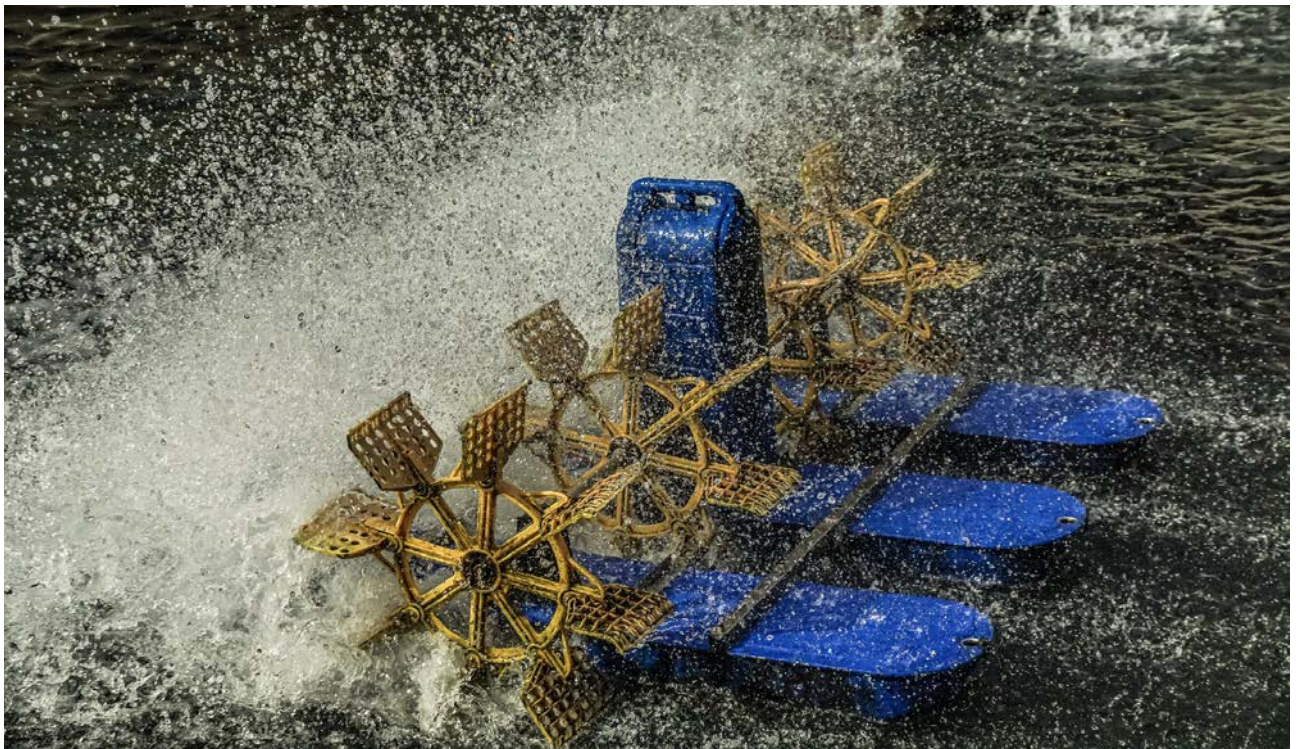
- Rückzugsorte für Fische während Hitzeereignissen – natürliche oder künstliche – **vor Störung schützen**. Wissen über solche Orte weiter aufbauen und bewahren.
- Die betroffene Bevölkerung **informieren und sensibilisieren**.
- Die Einhaltung der vorübergehend verhängten Zutrittsbeschränkungen **kontrollieren und durchsetzen**.

KB

*Massnahme kurzfristig***Künstliche Belüftung**

Bei zunehmender Wassertemperatur nimmt die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser ab. Gleichzeitig steigt der Sauerstoffbedarf der Fische aufgrund beschleunigter Stoffwechselprozesse. Zusätzlich kann bei Gewässern mit starkem pflanzlichem Bewuchs der Sauerstoffgehalt des Wassers während eines Tages stark fluktuieren und in der zweiten Nachthälfte unter den für Fische kritischen Wert von 3–4 mg/l fallen. Es kann daher in spezifischen Fällen angebracht sein, künstlich Sauerstoff ins Gewässer einzutragen.

Um das Wasser (z. B. in künstlichen Kaltwasserzonen) zusätzlich mit Sauerstoff anzureichern, hat sich im Hitzesommer 2018 am Hochrhein der Einsatz von Schaufelradbelüftern aus der Aquakultur bewährt. Diese Geräte haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie die Wasseroberfläche brechen und somit den Fischen auch eine hydraulische Deckungsstruktur bzw. Sichtschutz bieten. Man kann auch Sauerstoff oder Druckluft über einen Diffusor direkt ins Gewässer einblasen. Meistens wird eine Stromversorgung benötigt, es gibt jedoch auch autonome Lösungen mit Solarstromversorgung.

**Best Practice «Künstliche Belüftung»**

- Den **Sauerstoffgehalt** im Gewässer **überwachen** (für Fische kritisch unter 3–4 mg/l).
- Vor allem **in der zweiten Nachthälfte sinnvoll**. So wird eine zusätzliche Wassererwärmung (durch warme Luft) vermieden und der Sauerstoffverbrauch von Wasserpflanzen ausgeglichen.
- Ein geeignetes Belüftungsgerät **frühzeitig testen** und anschaffen. Die **notwendige Stromversorgung** ist zu klären (teilweise Spannung 400 V benötigt).



KK

*Massnahme kurzfristig***Künstliche Kaltwasserzonen**

Bei künstlichen Kaltwasserzonen handelt es sich um künstlich erzeugte Bereiche mit vergleichsweise kühlem Wasser. Das kühle Wasser stammt dabei aus einem Seitengewässer, Grund- oder Hangwasseraustritten, im Extremfall auch aus der Trinkwasserversorgung. Mittels Vertiefungen in der Gewässersohle können solche Zonen optimiert werden, indem das Volumen erhöht und die Durchmischung mit dem wärmeren Wasser des betrachteten Gewässers selbst reduziert wird.

Eine künstlich errichtete Kaltwasserzone sollte stets von einem Massnahmepaket zur Reduktion von Störungen (Informationstafel, Absperrung, Abdeckung mit Planen oder Netzen, Kontrolle durch Fischereiaufsicht) begleitet werden (siehe «Reduktion von Störungen»). Bei sinkendem Pegel kann eine bauliche Anpassung notwendig werden, um die Vernetzung wiederherzustellen.

**Best Practice «Künstliche Kaltwasserzonen»**

- Gegebenfalls vorhandene **Schutzziele berücksichtigen** (Grundwasserschutz, Ufervegetation etc.).
- **Störungen** mit geeigneten Massnahmen **vermeiden** (Informationstafel, Absperrung, Abdeckung mit Planen oder Netzen, Kontrolle durch Fischereiaufsicht).
- Die **Erreichbarkeit** für Fische **regelmässig kontrollieren** und bei Bedarf nachbessern.

BA

*Massnahme kurzfristig***Beschattung durch künstliche Abdeckung**

Als kurzfristige Beschattungsmassnahme bietet sich die Abdeckung von Seitengewässern mit Planen, Netzen oder Tüchern an. Solche Abdeckungen sind sehr schnell installiert und verhältnismässig günstig (in Bezug auf Materialkosten und Personalaufwand). Geeignete Materialien gibt es etwa aus dem Gemüsebau. Neben der Beschattung bieten Abdeckungen auch Sichtschutz und Schutz vor fischfressenden Vögeln.

Um unnötige Störungen zu vermeiden, ist die Massnahme schon vor dem Erreichen von problematischen Wassertemperaturen einzurichten. Die Abdeckungen sind stabil zu verankern und regelmässig zu kontrollieren. Es ist ausserdem darauf zu achten, dass die Netze und Spannseile nicht zur Gefahr bzw. zur Falle für Menschen oder Wildtiere werden (stolpern, verfangen, verheddern etc.).

Bei künstlicher Abdeckung muss darauf geachtet werden, dass zwischen Wasser und Abdeckung weiterhin eine gute Luftzirkulation stattfinden kann.

**Best Practice «Beschattung durch künstliche Abdeckung»**

- **Beschattung** von stark besonnten Seitengewässern durch eine Abdeckung mit geeigneten Materialien (für Regen und Luft durchlässig, z. B. aus dem Gemüsebau).
- Massnahme umsetzen **bevor problematische Wassertemperaturen erreicht werden**.
- Abdeckungen **gut verankern**, **Luftzirkulation** gewährleisten, **Risiken** für Menschen und Wildtiere minimieren.

ES

*Massnahme kurzfristig***Wasserentnahmestopp**

Das Wasser von Oberflächengewässern wird vielfältig genutzt (zur Stromproduktion, zur landwirtschaftlichen Bewässerung, zu Kühl- und Wärmegewinnung etc). Während Hitzeereignissen sind insbesondere die Entnahmen zwecks Landwirtschaftlicher Bewässerung (Reduktion des Abflusses)

**Bewässerung**

*Landwirtschaftliche Kulturen, die bereits heute bewässert werden, benötigen bis Ende des Jahrhunderts rund das Doppelte an Wasser, falls wirksame Klimaschutzmassnahmen ausbleiben. Bei hohen Temperaturen und Trockenheit steht aber in vielen Flüssen und in kleineren Grundwasservorkommen schon heute kaum noch Wasser für die Bewässerung zur Verfügung.*

*(...)*

*Derzeit werden in zahlreichen Gebieten mit landwirtschaftlicher Produktion neue Bewässerungsinfrastrukturen geplant und gebaut. Ein Ausbau von wenig wassersparenden Bewässerungssystemen und eine Intensivierung der Landwirtschaft (etwa hin zu mehr Gemüseanbau) ist mit dem knapper werdenden Wasserangebot in Zukunft jedoch nicht zu vereinbaren. Um eine Übernutzung der Wasservorkommen auszuschliessen, ist zudem eine regionale Ressourcenplanung nötig. Zur Vermeidung wirtschaftlicher Fehlanreize wäre überdies eine transparente Darlegung der Wasserkosten zweckmässig.*

Webseite BAFU, National Centre for Climate Services NCCS, 2022.

und die Nutzung zu Kühlzwecken (Erwärmung des Wassers) problematisch.

Es zeichnet sich ab, dass die künstlich bewässerte landwirtschaftliche Fläche mit dem Klimawandel zunehmen wird (siehe Box). In Zeiten mit erhöhtem Bedarf für Bewässerung – also bei Hitze und Trockenheit – sollte jedoch aus Sicht der aquatischen Lebensgemeinschaften auf eine Wasserentnahme aus Fließgewässern verzichtet werden. Um solche Konflikte zu vermeiden, sind mittel- bis langfristig Massnahmen zu treffen.

Sinken während Hitzeperioden die Abflüsse auf ein besonders tiefes Niveau und erreichen die Wassertemperaturen kritische Werte, kann es angebracht sein, die Entnahme aus bzw. die Nutzung von Oberflächenwasser auszusetzen.

**Best Practice «Wasserentnahmestopp»**

- Potenzielle **Konflikte** zwischen Gewässerschutz und -nutzung **entschärfen**.
- **Definieren von Voraussetzungen, Zuständigkeiten und Kontrolle** für Entnahmeeinschränkungen bzw. -stopps (gesetzliche Grundlagen, Konzessionen etc.).
- Allfällige Entnahmeeinschränkungen bzw. -stopps **frühzeitig kommunizieren** und **rechtzeitig verfügen**.

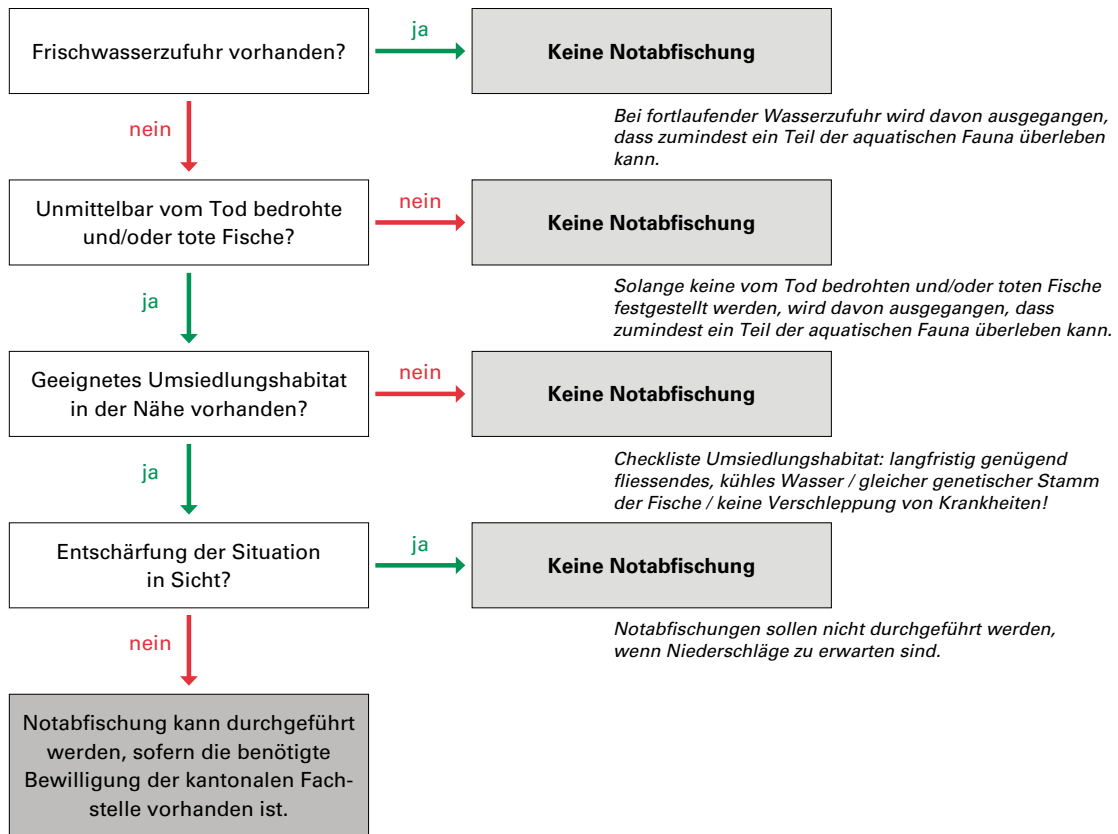


Massnahme kurzfristig

**(Not-) Abfischungen**

In der Vergangenheit wurden Fische oft grossflächig mit Strom aus den sich erwärmenden und austrocknenden Gewässern gefischt (Notabfischungen). Elektrofischungen stellen jedoch für die ohnehin bereits gestressten Fische eine zusätzliche Belastung dar. Die Überlebenswahrscheinlichkeit der umgesiedelten Fische ist daher deutlich verringert. Ausserdem können mit Translokationen Fischkrankheiten verschleppt werden.

Aus diesen Gründen sollten Notabfischungen nur noch nach einer sorgfältigen Interessenabwägung gemäss dem folgenden Entscheidungsdiagramm durchgeführt werden («Merkblatt Trockenheit» Kanton Aargau, St. Gallen, Thurgau und Zürich). Falls man sich für eine Abfischung entscheidet, sollte diese bei möglichst kühlen Temperaturen stattfinden, und eine Umsiedlung sollte nur innerhalb des lokalen Gewässersystems vorgenommen werden.



**Best Practice «(Not-) Abfischungen»**

- Nur bei **akuter Gefahr für den gesamten Bestand** durchführen.
- Es muss ein **geeignetes Umsiedlungsgewässer** vorhanden sein (nahegelegen, kühl, keine Verschleppung von Krankheiten).
- Abfischung bei **möglichst kühlen Temperaturen** durchführen (nachts / früh morgens).

Massnahmenblätter

WL

*Massnahme kurz- und langfristig***Wiederherstellung der Längsvernetzung**

Die meisten Fliessgewässer in der Schweiz sind durch eine Vielzahl von künstlichen Hindernissen wie z. B. Sohlschwellen und Wehre für Fische nicht mehr vollständig durchwanderbar. Die Wiederherstellung der Fischgängigkeit in Fliessgewässern ist im Gewässerschutzgesetz vorgeschrieben. Die Durchgängigkeit der Fliessgewässer ist für eine Vielzahl von Fischarten wichtig um sich zwischen den unterschiedlichen Habitaten beispielsweise für die Nahrungsaufnahme oder die Fortpflanzung bewegen zu können. Bei Hitzeereignissen stellen durchgängige Seitengewässer für Fische wertvolle Rückzugsgebiete dar.

Die langfristige Wiederherstellung der Längsvernetzung, z. B. durch den Austausch von unpassierbaren Sohlschwellen durch fischpassierbare Bauwerke wie Blockrampen, erfordert einen hohen Planungs- und Arbeitsaufwand. Als kurzfristige Alternative können an gewissen Hindernissen temporäre Fischaufstiegsanlagen (z. B. Steffstep) Abhilfe schaffen.

In Zusammenhang mit dem Schutz von hitzeempfindlichen Fischarten vor Hitzeereignissen sollte das Ziel der Wiederherstellung der Längsvernetzung darin bestehen, möglichst lange Abschnitte des Seitengewässers mit dem Hauptgewässer zu verbinden. Die untersten Hindernisse sind demnach als erstes zu beseitigen.



Steffstep an der Töss, d.h. eine temporäre Fischtreppe für den Einsatz an Kleinwasserkraftwerken und sonstigen Querbauwerken, die von der WRH Walter Reist Holding AG entwickelt wurde (Quelle: WRH).

**Best Practice «Wiederherstellung der Längsvernetzung»**

- Die **Wiederherstellung der Fischgängigkeit** in Fliessgewässern – besonders in sauberen und kühlen – vorantreiben.
- **Temporäre Fischaufstiegsanlagen prüfen**, falls keine permanente Lösung in Aussicht steht.
- Im Fliessverlauf sind die **untersten Hindernisse als erstes zu beseitigen**, um den Einstieg in das Seitengewässer zu ermöglichen.

DW

*Massnahme kurz- und langfristig***Deckungsstrukturen unter Wasser**

Das Einbringen von untergetauchten Deckungsstrukturen mit heterogenem Lückensystem (wie Totholzbündel, Wurzelstämme, Engineered-Log-Jams etc.) können das permanente Deckungsangebot für Fische erheblich erhöhen. Vor allem im Bereich von Kaltwasserzonen können hitzeempfindliche Fische profitieren. Insbesondere Kleinfische und strukturgebundene Arten wie die Bachforelle sind mit entsprechenden Deckungsstrukturen besser vor wärmetoleranten Raubfischen (z. B. Wels oder Alet) und fischfressenden Vögeln geschützt.

Fachgerecht eingesetzt, vermögen solche Strukturen dynamische Aufladungs- und Erosionsprozesse zu aktivieren. So können die Gerinnesohle lokal strukturiert und bleibende Kolke geschaffen werden. Bei der Planung sind erfahrene Ingenieurbüros zu konsultieren, da auch wasserbauliche Risiken bestehen.



Strukturen wie Totholzbündel können auch in grossen Gewässern langlebige Deckungsstrukturen schaffen und im Gerinne dynamische Aufladungs- und Erosionsprozesse aktivieren.

**Best Practice «Submerse Deckungsstrukturen»**

- **Permanente Deckungsstrukturen** in Bereichen mit kälterem Wasser schaffen.
- Strukturen sollen auch **bei niedrigen Wasserständen** genutzt werden können.
- Eine **fachgerechte Umsetzung** durch erfahrene Spezialisten gewährleistet die gewünschte **Strukturierung der Gerinnesohle** (Kolke) und vermeidet Risiken (Abschwemmung).

## BB

*Massnahme langfristig***Beschattung durch Bestockung der Ufer**

Die mit Abstand aussichtsreichste Massnahme zum Schutz der Fische vor Hitzeereignissen ist die Wiederherstellung der Beschattung durch standortgerechte, dichte Ufervegetation mit vollständigem Kronenschluss. Die Wirkung der Beschattung auf den Temperaturverlauf von Fließgewässern ist derart hoch, dass der Neubestockung von vegetationsfreien Fließgewässerböschungen eine hohe Priorität eingeräumt werden sollte.

Obwohl die rechtlichen Grundlagen für die Bestockung von Fließgewässern vorhanden sind, stehen sie oft in Konflikt mit den Interessen des Hochwasserschutzes und der Landwirtschaft. Doch bei entsprechender Berücksichtigung in frühen Planungsstadien von Hochwasserschutzprojekten lassen sich diese Konflikte relativ einfach lösen.

Dichte Ufervegetation hat eine nachhaltige Wirkung auf die Wassertemperatur und vermag die Erwärmung in Hitzeperioden signifikant zu reduzieren – die maximale Tagestemperatur um bis zu 4 °C. Die kühlende Wirkung von gut beschatteten Zuflüssen ist selbst in Hauptgewässern messbar, die aufgrund ihrer Breite nicht vollständig beschattet sein können.

Neu gepflanzte Bestockung entfaltet ihre maximale Wirkung erst nach vielen Jahren. Daher ist es wichtig – wenn immer möglich – folgende Empfehlungen zu befolgen:

- Fehlende Bestockung umgehend ergänzen bzw. ersetzen.
- Rasch wachsende, standortgerechte Sträucher und Bäume verwenden.
- Möglichst nah oder bis zur Wasserlinie setzen.
- Allenfalls Pflanzung bereits grösserer Gehölze (besonders effektiv eingesetzt bei Ost-West ausgerichtetem Gewässerverlauf am Südufer).
- Bei Pflegemassnahmen das Ziel der grösstmöglichen Beschattung verfolgen.
- Bestehende Bestockung erhalten (geschützt über NHG), auch, wenn immer möglich, im Rahmen von Wasserbauprojekten.

**Best Practice «Beschattung durch Bestockung der Ufer»**

- Der Bestockung von vegetationsfreien Fließgewässerböschungen eine **hohe Priorität** einräumen.
- Bei der Planung von Wasserbauprojekten **frühzeitig die Beschattung berücksichtigen**.
- Bei Neupflanzungen und Pflegeeingriffen das **Ziel der möglichst raschen, möglichst grossen Kühlwirkung** durch Beschattung verfolgen sowie Rodungen minimieren.

SV

Massnahme langfristig

**Strukturverbesserungsmassnahmen**

Strukturreiche Gewässer bieten den aquatischen Lebewesen inkl. den Fischen deutlich bessere Lebensraumbedingungen als monotone, was sich oft in der Biodiversität und Biomasse widerspiegelt. Fischbestände in strukturreichen Gewässern weisen eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber Hitzeereignissen auf.

Überall dort, wo es möglich ist, soll eine Revitalisierung der Gewässer durchgeführt werden. D. h. der naturnahe Zustand eines Gewässers inkl. dessen Strukturvielfalt, Dynamik, Bestockung etc. soll wiederhergestellt werden. Sollte dies nicht möglich sein oder zu lange auf sich warten lassen, können alternativ monotone Abschnitte mit In-Stream-Massnahmen strukturell aufgewertet werden. Elemente wie Wurzelstöcke, Totholzbündel, Blöcke etc., welche in das bestehende Gerinne eingebracht und verankert werden, schaffen Deckungsstrukturen für Fische und reduzieren so Störungen und Stress.

**Ungenügende Strukturvielfalt**

*Rund ein Viertel aller Gewässerstrecken sind künstlich, stark beeinträchtigt oder überdeckt (eingedolt). Mehr als 100'000, über 50 cm hohe Durchgangshindernisse beeinträchtigen den Lebensraum von Pflanzen und Tieren auf vielen weiteren Gewässerabschnitten (Juli 2005). Stark beeinträchtigt sind vor allem Gewässer in tieferen Lagen. Im intensiv genutzten Mittelland haben fast die Hälfte der Fliessgewässer kaum mehr etwas mit ihrem ursprünglichen Zustand zu tun.*

Webseite BAFU, 2022.

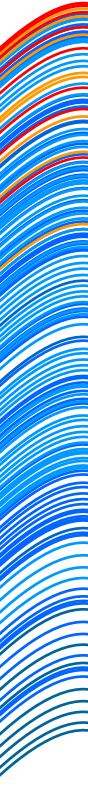
**Best Practice «Strukturverbesserungsmassnahmen»**

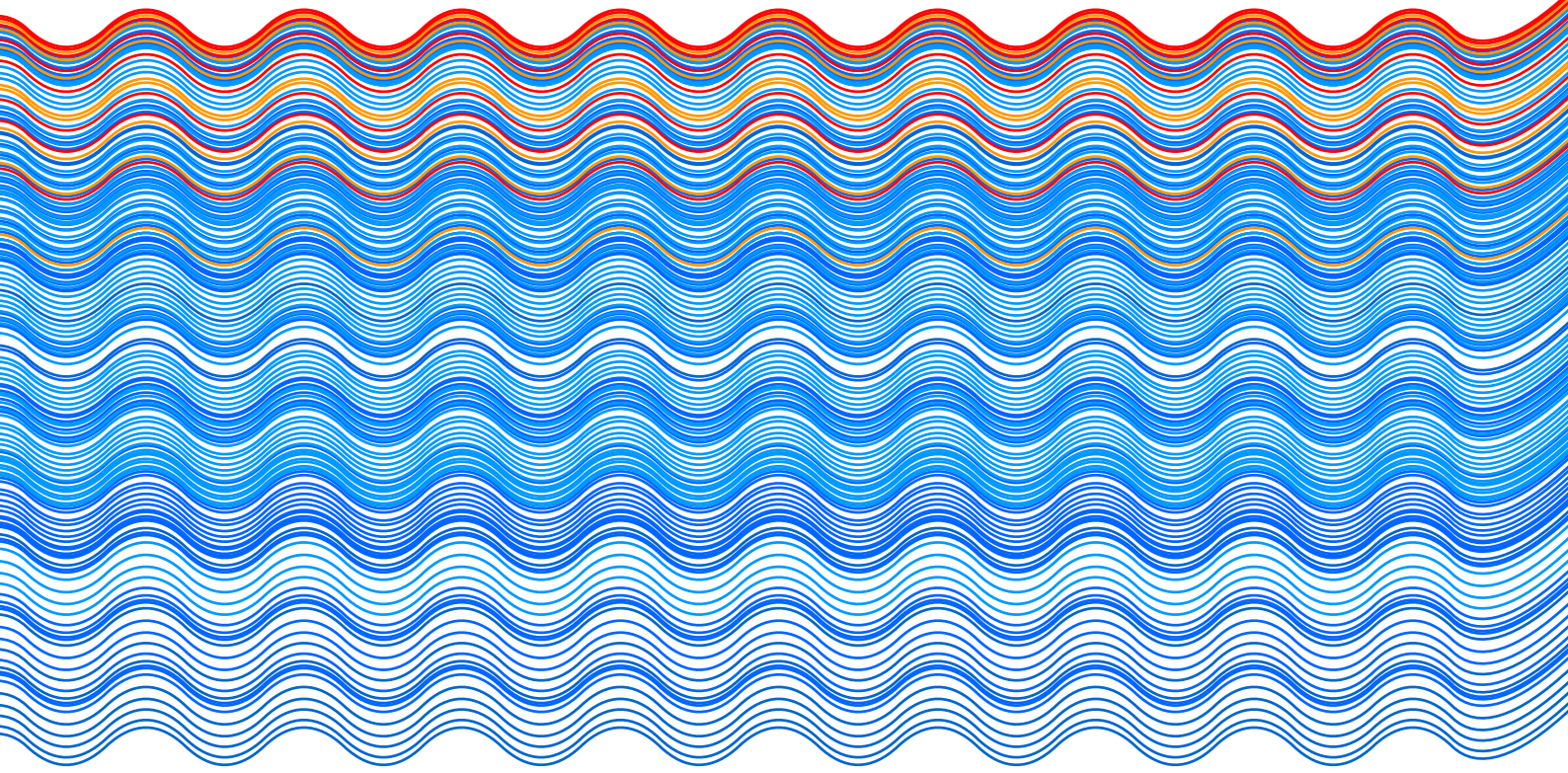
- **Prioritär umfassende Revitalisierungen** vorsehen. *In-Stream*-Massnahmen nur dort einsetzen, wo auf absehbare Zeit keine Revitalisierung möglich ist.
- Bei der Planung von *In-Stream*-Massnahmen die **gesamte Lebensgemeinschaft** des Gewässers berücksichtigen.




## Literatur

- [1] Michel A., Råman Vinnå L., Bouffard D., Epting J., Huwald H., Schaepli B., Schmid M., & Wüest A. (2021). Evolution of stream and lake water temperature under climate change. Hydro-CH2018 Project. Im Auftrag des Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 71 S.
- [2] BAFU (Hrsg.) (2021). Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 134 S.
- [3] Robinson, P.J. (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*, 40(4): 762–775.
- [4] Gaudard, A., Schmid, M., Wüest, A. (2017). Thermische Nutzung von Oberflächengewässern. Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung. *Aqua & Gas*, 97(5), S. 40–45.
- [5] Lahnsteiner, F. (2012). Effect of temperature on the reproductive potential of teleost fish. Blue Globe Foresight. Klima- und Energiefonds.
- [6] Küttel, S., Peter, A., Wüest, A. (2002). Rhône Revitalisierung, Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten schweizerischer Fließgewässer. Eawag Publikation Nummer 1.
- [7] WFN (2013): Fisch und Temperatur. Leiden unsere Fische bald unter Hitzestress? Tagung Cercl'eau 13. Juni 2013, La Neuveville.
- [8] Lessard, J.L. & Hayes, D.B. (2003). Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River Research and Applications* 19: 721–732.
- [9] Fry, F.E.J. (1967). Thermal effects on fish ecology. Pages 375–409 in A.H.Rose, editor. *Thermobiology*. Academic Press, London, New York.
- [10] Coutant, C.C. (1999). Perspectives on temperature in the Pacific Northwest's fresh waters. Oak Ridge National Laboratory, Environmental Sciences Division Publication 4849 (ONRL/TM-1999/44), Oak Ridge, Tennessee, USA.
- [11] Marcos-Lopez, M., Gale, P., Oidtmann, B.C., Peeler, E.J. (2010). Assessing the impact of climate change on disease emergence in freshwater fish in the United Kingdom. *Transboundary and emerging diseases*, 57(5): 293–304.
- [12] Hunziker, S. & Wüest, A. (2011). Anthropogene Temperaturveränderungen in Flüssen und Seen – eine Literaturanalyse. Eawag.
- [13] Mende, M., Sieber, P. (2020). Temperaturverlauf in Fließgewässern. Untersuchung und Visualisierung von Temperatureinflüssen, Ableitungen von Massnahmevorschlägen.







Hitze- und Trockenheitsereignisse bedrohen bereits heute die Populationen von empfindlichen Fischarten in grossen Fließgewässern der Schweiz. Die Klimaprognosen sagen eine weitere kontinuierliche Erwärmung unserer Flüsse sowie eine Zunahme von extremen Temperatur- und Niederschlagsereignissen voraus. Diese Arbeitshilfe beschreibt die Problematik, fasst die wichtigsten Grundlagen zu Hitzestress bei Fischen zusammen und formuliert Empfehlungen zum Fischschutz bei Hitzeereignissen. Auf zwölf Massnahmenblättern sind in übersichtlicher Form Best Practice Massnahmen zusammengestellt. Die Arbeitshilfe soll involvierte Akteure darin unterstützen, kurz- bis langfristig den Stress und die Sterblichkeit von Fischen aufgrund zu hoher Wassertemperaturen zu reduzieren.

