



Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel
Programmphase 2018–2022
Pilotprojekt F.13

Fischschutz am Hochrhein

Massnahmen bei Hitzeereignissen



Fachbericht zum best-practice Handbuch

Dokument Nr. 1794-B-01
Datum Entwurf: 8.6.2020
Datum Endfassung: 15.12.2021



AquaPlus AG · Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug
Fon +41 41 729 30 00 · Fax +41 41 729 30 01
admin@aquaplus.ch · www.aquaplus.ch

Impressum

- Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU
Worbentalstrasse 68 · CH-3062 Ittigen
- Projektpartner: Fischerei- und Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau,
Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Schaffhausen, Thurgau und Zürich
- Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug
- Autoren: Mathieu Camenzind · Nicole Egloff · Tino Stäheli ·
Andres Hagmayer
- Zitervorschlag: AQUAPLUS 2021: Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen. Fachbericht zum best-practice Handbuch. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel. 56 S. und Anhang A–E

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Ausgangslage und Auftrag	2
3	Projektperimeter	3
3.1	Hochrhein	3
3.2	Weitere potenziell betroffene grosse Fließgewässer	4
4	Vorgehen	5
4.1	PHASE 1 – Literaturrecherche	5
4.2	PHASE 1 – Befragung Projektpartner	5
4.3	PHASE 2 – Experteninterviews	6
4.4	PHASE 3 – Workshop	6
5	Erkenntnisse aus der Literaturrecherche	7
5.1	Klimatrend	7
5.2	Hitzetage und Hitzeereignisse	8
5.3	Effekte von «Hitzestress»	9
5.3.1	Allgemein	9
5.3.2	Effekte von Hitzestress auf Fische	9
5.3.3	Auswirkungen auf Makrophyten und Phytoplankton	13
5.3.4	Auswirkungen auf Makrozoobenthos	13
5.5	Wirkung von Beschattung	15
5.6	Bedeutung der Vernetzung	16
6	Erkenntnisse aus den betroffenen Gebieten	17
6.1	Kanton Thurgau	17
6.2	Kanton Schaffhausen	18
6.3	Kanton Zürich	20
6.4	Kanton Aargau	20
6.5	Kanton Basel-Landschaft	21
6.6	Kanton Basel-Stadt	21
7	Erkenntnisse aus Expertenbefragungen	22
7.1	Massnahmen	22
7.2	Fische und andere aquatische Organismen	25
7.3	Temperatur	25
7.4	Nutzung	26
7.5	Allgemein	27

8	Erkenntnisse aus dem Workshop	28
8.1	Kurzfristige Fischschutzmassnahmen	29
8.2	Langfristige Fischschutzmassnahmen	30
8.3	Grundlagen für Fischschutzmassnahmen	31
8.4	Verhältnismässigkeit von Fischschutzmassnahmen	32
9	Empfohlene Massnahmen	33
9.1	Vorbereitung	33
9.1.1	Gesetzliche Grundlagen	34
9.1.2	Organisationsstruktur und Zuständigkeiten	34
9.1.3	Finanzierung	35
9.1.4	Kommunikationsstrategie und Öffentlichkeitsarbeit	35
9.1.5	Planung von Massnahmen	35
9.1.6	Priorisierung von Massnahmen	36
9.1.7	Bewilligungen für Massnahmen	36
9.1.8	Auftrags- und Arbeitsvergabe an Bauunternehmer	36
9.1.9	Rekrutierung und Mobilisierung von Personal	36
9.1.10	Beschaffung und Bereitstellung von Material und Werkzeugen	37
9.1.11	Definition der Alarmschwellenwerte	37
9.1.12	Ausführung von Massnahmen	38
9.1.13	Fischsterben: Entsorgung der Fischkadaver	38
9.1.14	Erfolgskontrolle	38
9.2	Verfügbarkeit und Beschaffung von relevanten Grundlagen	40
9.3	Massnahmen im Hauptgewässer (Rhein)	41
9.3.1	Reduktion von Störungen	41
9.3.2	Submerse Deckungsstrukturen	42
9.4.1	Anbindung von Seitengewässern an das Hauptgewässer	43
9.4.2	Künstliche Kaltwasserzonen	44
9.4.3	Künstliche Belüftung	45
9.5.1	Beschattung durch Bestockung der Ufer	46
9.5.2	Beschattung durch Abdeckung mit Planen, Netzen oder Tüchern	47
9.5.4	Strukturverbesserungsmassnahmen	49
9.5.5	Wasserentnahmestopp	49
9.5.6	(Not-) Abfischungen	50
9.5.7	Akzeptanz veränderter Artenspektren	51
9.6	Fazit	52
9	Literaturverzeichnis	53

ANHANG

ANHANG A: Fragen Projektpartner

ANHANG B: Fragen Experteninterview

ANHANG C: Auswertung Experteninterviews

ANHANG D: Fragen Workshop

ANHANG E: Protokoll Workshop

1 Zusammenfassung

Hitzeereignisse wie im Sommer 2018 führen in Fließgewässern bei empfindlichen Fischarten zu Hitzestress und schlimmstenfalls zu Fischsterben. Davon betroffen können auch weitere grosse, nicht watbare Fließgewässer im Mittelland sein. Situationen mit Hitze und Trockenheit sind bedingt durch den Klimawandel in Zukunft vermehrt zu erwarten. Geeignete Massnahmen können die Morbidität und Mortalität von hitzeempfindlichen Arten während solcher Ereignisse reduzieren.

Das vorhandene Wissen zur Thematik wurde basierend auf einer Literaturrecherche, einer Befragung von Akteuren und Experten sowie eines Workshops zusammengetragen. Es wurde eine Grundlage geschaffen, welche bei zukünftigen Ereignissen zu einem besseren Schutz der Fische beitragen soll.

Die Erwärmung der Gewässer und die Zunahme in Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen nehmen im Rahmen des Klimawandels weiter zu. Hitze kann bei Fischen zu direkten, sub-lethalen und lethalen Effekten führen. Es werden abiotische, physiologische und verhaltensbiologische Effekte beschrieben. Auswirkungen der Gewässererwärmung auf Makrophyten, Phytoplankton und Makrozoobenthos sowie Auswirkungen der veränderten Struktur von Fließgewässern werden dargestellt.

Die Erkenntnisse der Akteure aus den Ereignissen 2003 und 2018 am Hochrhein, als es während Hitzeereignissen zu Fischsterben kam und als die Anrainerkantonen eine Reihe von Notmassnahmen trafen, wurden zusammengestellt.

Basierend auf den vorhandenen Grundlagen wurden von verschiedenen ausgewiesenen Fachexperten Einschätzungen zur Wirksamkeit von Massnahmen, zu den Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften, zum Wissensstand sowie zum Wärmehaushalt der Gewässer und deren Nutzung abgegeben.

Im Rahmen eines Workshops konnte die Thematik diskutiert und die Bedeutung von kurzfristigen und langfristigen Fischschutzmassnahmen erörtert werden. Ausserdem wurden die notwendigen Grundlagen und die Verhältnismässigkeit von Massnahmen thematisiert.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen aus den vorangegangenen Schritten werden Massnahmenempfehlungen formuliert. Im Zusammenhang mit Notmassnahmen werden allgemeine Empfehlungen zu Vorbereitung, Organisationsstruktur, Zuständigkeiten, Finanzierung und Kommunikation abgegeben. Für die Planung von Massnahmen werden Überlegungen zur Priorisierung, Bewilligung sowie zur konkreten Auslösung und Umsetzung dargestellt. Es werden relevante Informationen und Grundlagen aufgelistet, welche verfügbar sein müssen, um Massnahmen zu planen und zu priorisieren.

Zu den Massnahmen im Hauptgewässer gehören die Reduktion von Störungen, die Schaffung von Deckungsstrukturen, die Anbindung von Seitengewässern, die Schaffung von künstlichen Kaltwasserzonen und die künstliche Belüftung. In Seitengewässern werden die natürliche oder künstliche Beschattung, die Wiederherstellung der Längsvernetzung, die Verbesserung der Strukturen im Gerinne und die Unterbindung von Wasserentnahmen aufgeführt. Diese Massnahmen werden detailliert beschrieben und es wird auch auf mögliche negative Effekte hingewiesen.

2 Ausgangslage und Auftrag

Die Lebensgemeinschaft der Fische in den grossen Schweizer Fließgewässern ist bezüglich Wassertemperatur an ihren Lebensraum angepasst. Während Hitzeereignissen im Sommer 2003 und 2018 stiegen die Wassertemperaturen im Hochrhein über 25 °C. Dies führte bei empfindlichen Arten zu Hitzestress und in der Folge kam es in beiden Jahren zu einem 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 Fließgewässer betroffen sein. Eine gute Vorbereitung kann helfen, die Lebensgemeinschaft der Fische bei weiteren Hitzeereignissen bestmöglich zu schützen. Arbeitsinstrumente zur fundierten Planung und Umsetzung von Massnahmen, welche auf den gemachten Erfahrungen der Jahre 2003 und 2018 basieren, fehlen bisher.

Durch geeignete Massnahmen kann die Morbidität und Mortalität von hitzeempfindlichen Arten während Hitze- und Trockenheitsereignissen reduziert werden. Dies kann möglicherweise dazu beitragen, die Resilienz der bestehenden Populationen und des Ökosystems zu erhöhen. Ziel des vorliegenden Fachberichts ist die Sicherung, Zusammenstellung und Publikation des aktuell vorhandenen Wissens. Weiter ist vorgesehen, ein Handbuch zu erstellen, welches die zentralen Erkenntnisse aus dem Projekt – welche im vorliegenden Fachbericht ausführlich dargestellt sind – in übersichtlicher und kurzer Form einer breiteren Zielgruppe zugänglich macht. Es soll ein Hilfsmittel für die Sensibilisierung, Information und Koordination der Entscheidungsträger bieten und die Akzeptanz von Betroffenen für notwendige Massnahmen erhöhen.

Im Rahmen des Pilotprogramms «Anpassungen an den Klimawandel» des BAFU wurde in der zweiten Programmphase das Projekt «Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen» in das Themengebiet «Sensibilisierung, Information und Koordination» aufgenommen. In diesem Bericht liegt der Schwerpunkt bei der Information aller Betroffenen und Akteure über die aufgrund des Klimawandels zu erwartenden Veränderungen für die Fischlebensgemeinschaften im Hochrhein sowie die Entwicklung von Lösungsansätzen um der Problematik zu begegnen. Als Projektpartner konnten die Anrainerkantone am Hochrhein: Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Schaffhausen, Thurgau und Zürich gewonnen werden.

3 Projektperimeter

3.1 Hochrhein

Der Projektperimeter umfasst den Hochrhein zwischen Bodensee und Basel, sowie den Mündungsbereich seiner Zuflüsse auf Schweizer Seite (Abb. 2.1). Am Gebietsauslass in Basel entwässert der Rhein ein Einzugsgebiet von 35'993 km² oder 77.5% der Landesfläche der Schweiz.

Der Hochrhein ist hydrologisch stark vom Bodensee bzw. dem Untersee geprägt. Dies und weitere Faktoren im Einzugsgebiet wie die verschiedenen Staustufen, die veränderte Landnutzung, die thermische Nutzung (Kühlwassernutzung), Restwasserstrecken und andere anthropogenen Einflüsse können bei anhaltender Hitze zu einer besonders starken Erwärmung des Wassers führen. Von den grossen Fließgewässern in der Schweiz war der Hochrhein mit seinen Fischbeständen bisher am stärksten von erhöhten Wassertemperaturen betroffen.

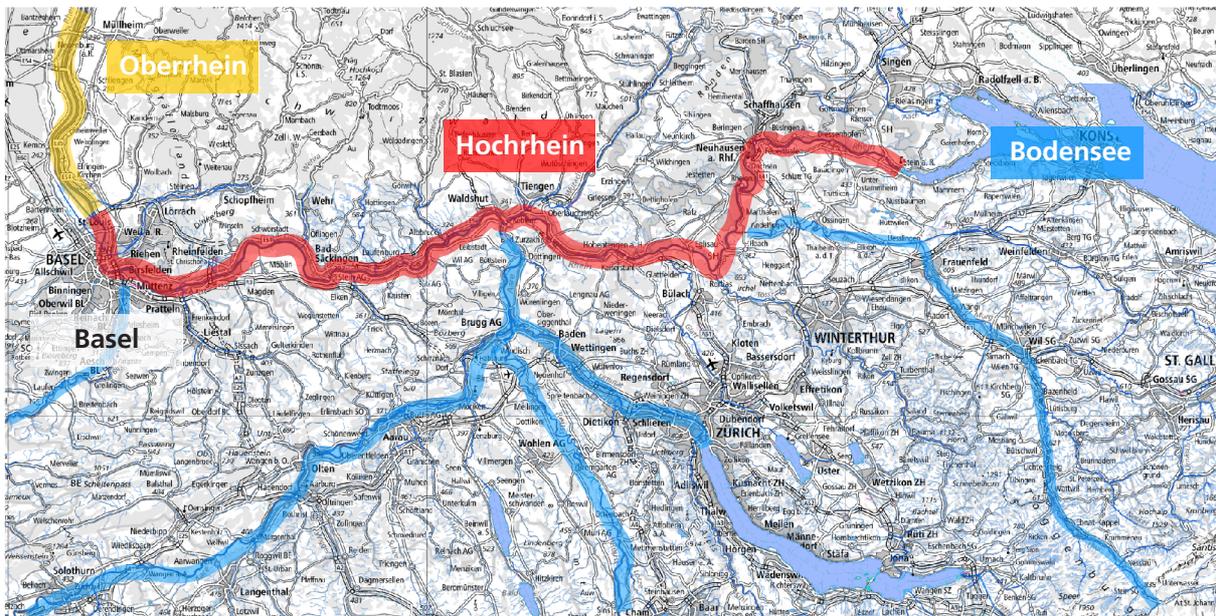


Abb. 2.1: Flussystemkarte des Hochrheins zwischen dem Bodensee und Basel. (Quelle: Bundesamt für Landestopographie swisstopo).

3.2 Weitere potenziell betroffene grosse Fließgewässer

Neben dem Hochrhein sind auch weitere grosse, nicht watbare Fließgewässer von einer Erhöhung der Wassertemperatur betroffen (Abb. 2.2), welche in Hitzeperioden zu einem ökologisch problematischen Anstieg führen können. Im Jahr 2018 kam es etwa in der Limmat bei Baden oder in der Thur bei Andelfingen zu Wassertemperaturen von 27 °C (BAFU 2019a) und auch an der Aare stiegen die Temperaturen auf hohe Werte (BAFU 2019b). Insbesondere in Kombination mit niedrigen Abflüssen können sich die Fließgewässer stark erwärmen. Von den grösseren Fließgewässern führten neben Limmat und Thur auch die Reuss und in geringerem Ausmass Aare und Ticino für die Jahreszeit wenig Wasser (BAFU 2019b).

Der Themenschwerpunkt Hydro-CH2018 des NCCS (National Centre for Climate Services) widmet sich den Wasserressourcen und deren zukünftigen Entwicklung in der Schweiz. Ein Synthesebericht (BAFU 2021) und die Ergebnisse einer ganze Reihe weiterer Forschungsprojekte wurden 2021 vorgestellt (Download auf der Webseite des National Centre for Climate Services NCCS; <https://www.nccs.admin.ch/>). Es wird unter anderem aufgezeigt, wie sich die Wassertemperaturen entwickeln werden. Demnach ist bis Mitte des Jahrhundert eine weitere signifikante Erwärmung zu erwarten, wobei der Effekt im Sommer stärker sein wird (Michel A. et al., 2021).

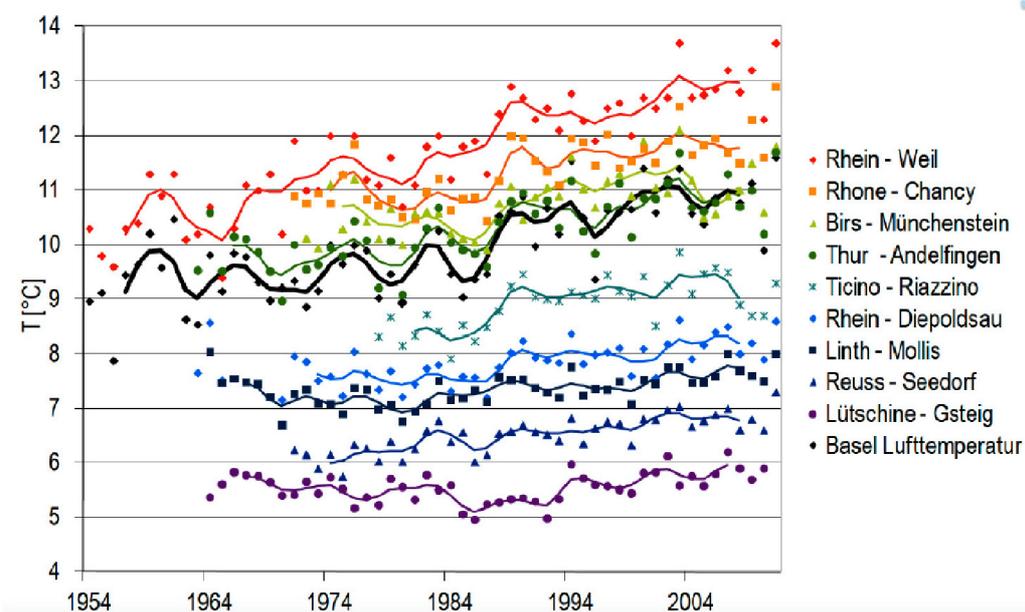


Abb. 2.2: Wassertemperaturverlauf der letzten Dekaden für 9 ausgewählte Stationen und Basel (Lufttemperatur). Aus BAFU (2012).

4 Vorgehen

Mit dem Ziel, das vorhandene Wissen zur Thematik systematisch zusammenzutragen wurde ein Vorgehen mit drei Bearbeitungsphasen gewählt, welche aufeinander aufbauen:

PHASE 1: Literaturrecherche und Umfrage bei Projektpartnern

PHASE 2: Expertenbefragung

PHASE 3: Expertenworkshop

4.1 PHASE 1 – Literaturrecherche

Eine wichtige Voraussetzung um die vorliegende Problematik angehen zu können, war die Recherche der dem «Hitzestress» bei Fischen zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Mechanismen. Es sollte diesbezüglich der Stand der Forschung und die publizierten Erfahrungen aus ähnlichen Situationen in anderen Ländern zusammengetragen werden.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche bildeten eine Grundlage für die weiteren Phasen.

4.2 PHASE 1 – Befragung Projektpartner

Ziel der bilateralen Besprechungen mit den Projektpartnern war es, das vorhandene Wissen und die zusammengestellten Informationen zum Thema Fischschutz in Zusammenhang mit Hitze- und Trockenheitsereignissen möglichst vollständig abzuholen. Zur Durchführung der Besprechungen wurde ein Inputpapier mit einer Zusammenstellung von Fragen als Leitfaden verwendet, die den Projektpartnern vorab zugestellt wurde (Anhang A). Insbesondere von Interesse waren die in den Jahren 2003 und 2018 ergriffenen Massnahmen zum Schutz der Fische im Hochrhein, deren Lokalisierung, die Einschätzung von deren Erfolg bzw. Misserfolg sowie die vorgängig abgelaufenen Prozesse zur Planung, Bewilligung, Finanzierung und Durchführung dieser Massnahmen. Weiter wurde nach den gemachten Erfahrungen und den Reaktionen von Betroffenen gefragt sowie Auskünfte zu bestehenden Gremien eingeholt.

In diesem ersten Schritt ging es ebenfalls darum, die Problematik relativ umfassend zu betrachten. Nach Möglichkeit sollten neben den bisherigen Lösungsansätzen bzw. (Not-)Massnahmen weitere Ansätze identifiziert werden, wie die Problematik entschärft werden könnte oder inwiefern der Handlungsspielraum in Zukunft verbessert werden könnte. Dabei wurden administrative Abläufe, Datengrundlagen zur Entscheidungsfindung, rechtliche Aspekte bezüglich Kompetenzen der Behörden während Hitzeereignissen oder raumplanerische und wasserbauliche Aspekte in Betracht gezogen.

4.3 PHASE 2 – Experteninterviews

In der zweiten Phase wurden Informationen von Experten zusammengetragen, um das zuvor gesammelte Wissen zu der Thematik breiter abzustützen. Mit den Projektpartnern wurde eine Liste von Experten zusammengestellt, welche anschliessend für ein Interview angefragt wurden. Es wurden dabei die Länder Schweiz, Deutschland (Baden-Württemberg) und Österreich berücksichtigt. Letztendlich wurden acht Experten aus Forschung, Behörden und Verbänden sowie spezialisierten Büros befragt. Die telefonischen Interviews wurden vorgängig terminiert und es wurden ein Inputpapier und ein Fragebogen – erarbeitet aus den Ergebnissen aus Phase 1 – als Leitfaden zugestellt (Anhang B). Die Ergebnisse wurden im Kapitel 6 zusammengefasst sowie in tabellarischer Form dargestellt (Anhang C).

4.4 PHASE 3 – Workshop

Der Workshop in der dritten Phase bot die Gelegenheit, die bekannten Massnahmen sowie die Schwierigkeiten bei deren Anwendung in der Gruppe mit neun Teilnehmern zu diskutieren, Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen und gegebenenfalls neue Lösungsansätze zu finden. Als Diskussionsgrundlage wurden Fragen vorbereitet, die sich aus den Erkenntnissen der Phasen 1 und 2 ableiten liessen (Anhang D). Die Erkenntnisse des Workshops wurden im Kapitel 7 zusammengefasst und in Form eines Sitzungsprotokolls festgehalten (siehe Anhang E).

5 Erkenntnisse aus der Literaturrecherche

5.1 Klimatrend

Abbildung 4.1 zeigt die Zunahme der Jahresmittel-Lufttemperatur in der Schweiz und deren Abweichung von der Normperiode 1961–1990. Die Wassertemperatur folgt grob der Entwicklung der Lufttemperatur. In der Folge gelten die Entwicklungen der Temperaturen im Rahmen der Klimaerwärmung auch für die Schweizer Fliess- und Stillgewässer.

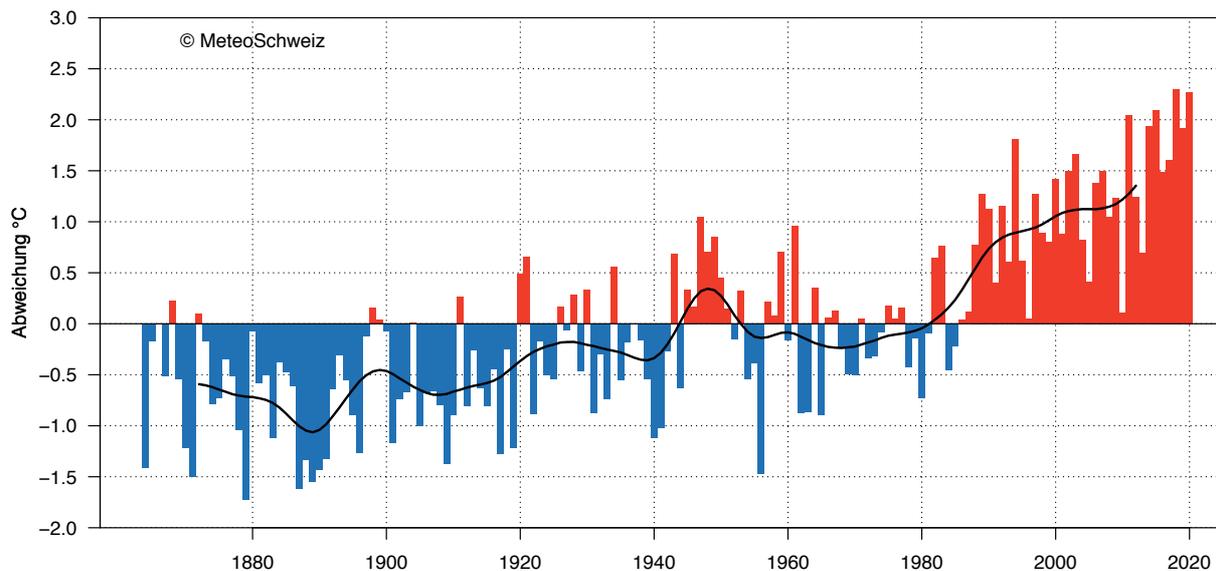


Abb. 4.1: Langjährige Entwicklung der Jahresmittel-Temperatur in der Schweiz seit 1864, dargestellt als Abweichung vom Mittel der Normperiode 1961-1990. Rote Jahre waren wärmer, blaue Jahre kälter als der Normwert. Die aktuellste Normperiode 1981-2010 ist zum Vergleich zusätzlich gestrichelt eingezeichnet (Quelle: MeteoSchweiz).

In den letzten 40 Jahren fand eine klare und kontinuierliche Wassererwärmung in Schweizer Flüssen von $+0.33\text{ °C}$ pro Dekade statt, wobei diese Erwärmung im Flachland ausgeprägter war (Michel et al. 2021). In Seen beträgt die Erwärmung des Oberflächenwassers $+0.40\text{ °C}$ pro Dekade. 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 (Michel et al. 2021). Im alpinen Raum wirkt das intensivere Abschmelzen von Schnee und Eis der Erwärmung von Fliessgewässern vorübergehend noch entgegen (Michel et al. 2021).

Die Prognosen für die weitere Entwicklung sagen auch im «best-case»-Szenario (d.h. mit konsequentem Klimaschutz) eine weitere starke Erwärmung bis Mitte des Jahrhunderts voraus. Dies wird weitreichende Konsequenzen für die aquatischen Ökosysteme zur Folge haben. Massnahmen zum Schutz der Fischfauna vor extremen Ereignissen gewinnen daher zunehmend an Bedeutung und können die Auswirkungen der nicht abwendbaren Gewässererwärmung im besten Fall mindern.

5.2 Hitzetage und Hitzeereignisse

Die Anzahl Hitzetage (Lufttemperatur über 30 °C) nahm in der Schweiz in den vergangenen Jahrzehnten zu. Während beispielsweise in Luzern bis Anfang der 1980er Jahre maximal 10 Hitzetage pro Jahr auftraten, stieg deren Anteil in den letzten 15 Jahren deutlich – vereinzelt mit mehr als 25 Hitzetagen (Abb. 4.2). Seit 1980 gab es in Luzern kein Jahr ohne Hitzetag mehr (MeteoSchweiz).

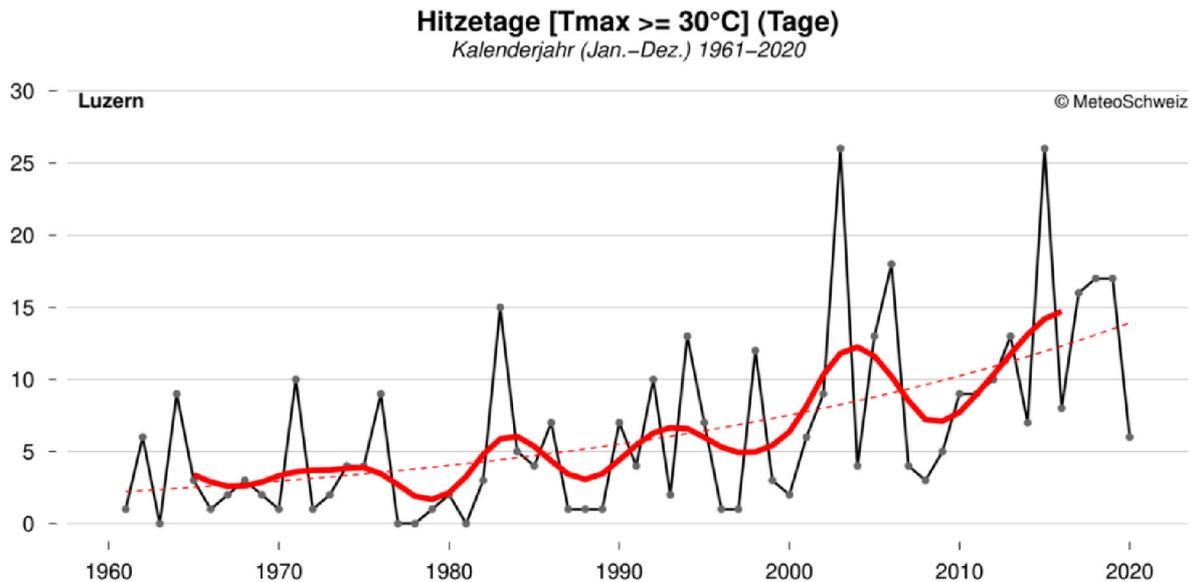


Abb. 4.2: Entwicklung der Hitzetage in Luzern von 1961 bis Heute (Quelle: MeteoSchweiz).

Hitzeereignisse oder Hitzewellen sind Phasen, die zu ungewöhnlich hohem Temperaturstress führen und vorübergehende Veränderungen im Verhalten eines Organismus nach sich ziehen (Robinson 2001). Hitzeereignisse sind für temperaturempfindliche Arten besonders gefährlich, da sich Gewässer innerhalb relativ kurzer Zeit sehr stark erwärmen können.

Frich et al. 2002 bestimmt eine Hitzewelle mit dem Heat Wave Duration Index (HWD). Es handelt sich um die maximale Länge einer Phase, die in mindestens fünf aufeinanderfolgenden Tagen 5 °C über dem täglichen klimatischen Maximum von 1961–1990 liegt. In Russo et al. 2014 wird die Berechnung eines Hitzewellen-Stärke-Index vorgestellt. Eine Hitzewelle ist definiert als die Überschreitung der langjährigen Tageshöchstwerte an mehr als drei Tagen in Folge gegenüber der Referenzperiode von 1981–2010. Somit umschreibt der Hitzewellen-Stärke-Index das Maximum aller Hitzewellendauern innerhalb eines Jahres. Tinz et al. 2014 beschreibt Hitzeereignisse als mindestens fünf Tage lange Zeitabschnitte mit einer täglichen Höchsttemperatur von 30 °C oder mehr. Eine tägliche Höchsttemperatur darf darunter liegen, muss aber 25 °C überschreiten.

5.3 Effekte von «Hitzestress»

5.3.1 Allgemein

Ausserhalb eines für einen aquatischen Organismus optimalen Temperaturbereichs kann der Organismus in Stress oder Lebensgefahr geraten – bei Fischen spricht man bei zu hohen Temperaturen von «Hitzestress». 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 (Gaudard et al. 2017).

5.3.2 Effekte von Hitzestress auf Fische

Als wechselwarme Tiere können Fische die Körpertemperatur nicht regulieren, sondern sind direkt von der Wassertemperatur abhängig. Typischerweise können Kaltwasserarten Temperaturen über 25 °C nicht tolerieren (Lessard & Hayes 2003).

Mit dem Einfluss der Umgebungstemperatur werden interne Prozesse wie Proteinbildung, Stoffwechselrate, Körperisolation oder Verhalten gesteuert (Fry 1967; Coutant 1999). Bei zu hohen Temperaturen werden diese Prozesse gestört. Dadurch kann es auch zu einer erhöhten Anfälligkeit für Krankheiten durch ein geschwächtes Immunsystem (Marcos-Lopez et al. 2010) kommen. Temperaturerhöhungen haben weiter auch indirekt durch veränderte physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers Auswirkungen auf Fische (Hunziker & Wüest 2011).

Nach Fry 1967 kann die Antwort von Fischen auf veränderte Temperaturen unterschiedliche Effekte aufweisen:

- letale Effekte: hohe oder tiefe Temperaturen, die mit dem Tod enden.
- Kontrollierte Effekte: subletale Effekte, die Auswirkungen auf physiologische und biochemische Prozesse wie Wachstum, Stoffwechselrate oder Reproduktion haben.
- Direkte Effekte: Verhaltensänderungen, Bewegungsmuster und Wanderungen.

Abiotische Effekte (Physikalische / Chemische Auswirkungen)

Zwischen Wasser und dem angrenzenden Gas bildet sich ein Lösungsgleichgewicht. Nach dem Gesetz von Henry nimmt bei zunehmender Temperatur und abnehmendem Gasdruck die Löslichkeit eines Gases im Wasser ab. Damit sinkt die Löslichkeit von Sauerstoff mit steigender Temperatur, der Sättigungswert sinkt. Jedoch steigt der Sauerstoffbedarf aufgrund beschleunigter Stoffwechselprozesse. Die für Fische kritischen Sauerstoffgehalte liegen bei <3–4 mg/l.

Ammonium (NH_4^+) kann bei steigender Temperatur und erhöhtem pH-Wert – eine Erhöhung des pH-Werts kann ebenfalls durch die Gewässererwärmung verursacht werden – zu giftigem Ammoniak (NH_3) umgewandelt werden, welches als Nervengift wirkt. Erhöhte Konzentrationen behindern die Ausscheidung des

natürlicherweise anfallenden NH_3 und führen zu einer Anreicherung im Organismus. Schon geringen Ammoniumkonzentrationen sind für Fische giftig.

Weiter verstärken erhöhte Temperaturen die Toxizität von verschiedenen Stoffen wie PAK oder Schwermetallen (Krejci et al. 2004).

Physiologische Auswirkungen auf Fische

Temperaturerhöhungen führen zu einem beschleunigten Stoffwechsel. Gemäss chemischer Gesetze verdoppelt sich die Rate der chemischen Reaktionen bei einer Temperaturerhöhung von 10 °C (Coutant 1999). Entsprechend steigen Nahrungs- und Sauerstoffbedarf (Ziarek et al. 2011). Falls der Sauerstoffbedarf durch den beschleunigten Stoffwechsel nicht mehr gedeckt ist, kommt es schliesslich zum Organversagen. Mit der Erhöhung der Atemfrequenz werden auch vermehrt Schadstoffe aufgenommen (Burkhardt-Holm 2009). Plötzliche Temperaturveränderungen sowie Temperaturen ausserhalb des Optimalbereiches stellen Stressoren für den Fisch dar, erkennbar an Veränderungen des Blutbildes (McLeay 1977; Srivastava & Agrawal 1977; Agrawal & Srivastava 1978, Oidtmann 1994).

Liegen die Temperaturen z.B. ausserhalb des Optimalbereiches von Regenbogenforellen, so resultiert dies in einem Rückgang der Leuko- und Lymphozytenzahlen, wodurch das Immunsystem geschwächt wird (Oidtmann 1994). Stressreaktionen verändern den Blutdruck, Körpertemperatur, Blutzuckerspiegel, den osmotischen Druck und die Gewebehydrierung. Länger andauernde Stressreaktionen verlaufen in drei Phasen: Schock, Adaptation und Erschöpfungsphase (Selye 1950).

Weiter können Temperaturerhöhungen zu unterschiedlichen Reproduktionsverhalten bei verschiedenen Fischarten führen (Lahnsteiner 2012):

- Bachforelle: Wassertemperaturen, die während der Vorlaichzeit (August–Oktober), um 5 °C gegenüber dem Optimum (1–10 °C während der Fortpflanzungszeit (Küttel et al. 2002) erhöht sind, führen zu einem verzögerten Zeitpunkt des Ablaichens und einer erniedrigter Spermien- und Eiqualität. Die Eientwicklung erfolgt zwischen 1 und 13 °C. Mortalitätsraten nehmen allerdings bereits zu, wenn die Temperatur 7 °C unter- und 12 °C überschreitet (Küttel et al. 2002).
- Äsche: Die Reifungsprozesse der Eier werden stärker von der Temperatur beeinflusst als die der Spermien. Erhöhte Wassertemperaturen während der Vorlaichzeit (April–Mai) um 3–4 °C reduzieren die Spermienqualität, den Anteil der ablaichenden Weibchen und deren Eiqualität. Natürlicherweise laichen Äschen bei Wassertemperaturen von 5.5–7.2 °C. Eine Zunahme der mittleren Wassertemperatur um 1° während der letzten 10-15 Tage vor dem Ablaichen, beschleunigt das Ablaichen um 3.5 Tage, eine Zunahme um 1 °C ab dem 21. Dezember beschleunigt das Ablaichen um circa 5.5 Tage.
- Flussbarsch: Nur die Reifung der Eier wird von der Wassertemperatur beeinflusst, die Reifung der Männchen und deren Samenqualität verläuft unabhängig von der Wassertemperatur. Temperaturen, die während der Vorlaichzeit (April–Mai) um 4 °C gegenüber dem Optimum (ca. 12 °C) erhöht sind, verringert die Anzahl der ablaichenden Weibchen und deren Eiqualität. In der Natur wird das Ablaichen durch kurzfristige Temperaturveränderun-

gen induziert. Liegt die Wassertemperatur unter 12 °C, wird das Ablachen durch eine Zunahme der Wassertemperatur ausgelöst. Bei Temperaturen über 12 °C löst eine Temperaturabnahme die Laichablage aus.

- Elritze: Ein kurzfristiger Anstieg der Wassertemperatur um 6–11 °C wirkt als Laichauslöser. Da Elritzen ein weitgestrecktes Temperaturoptimum haben und kein negativer Einfluss der Temperatur auf die Fortpflanzung beobachtet werden konnte, könnten Elritzen von einer Zunahme der Wassertemperatur aufgrund des Klimawandels profitieren. Untersuchungen von Wildpopulationen zeigten, dass Elritzenpopulationen vom Frühjahr bis zum Herbst ablaichen können.

Einfluss der Wassertemperatur auf die Spermien und Eier:

Spermien der untersuchten Fischarten (Bachforelle, Äsche, Flussbarsch, Elritze) haben ein breites Temperaturoptimum. Es wurde festgestellt, dass ökologisch relevante Temperaturen die Spermienmotilität nur geringfügig (Bachforelle, Äsche, Barbe) oder überhaupt nicht beeinflussen. Es gilt zu beachten, dass die Befruchtung neben der Beweglichkeit der Spermien, auch von weiteren Parametern wie Alter, sozialer Erfahrung, Spermienkonzentration pro Ei, Wasserchemie etc. abhängt. Zudem haben auch die Eizellen ein breites Temperaturoptimum, sodass Ei-Quellung und Befruchtungsvorgänge ungestört verlaufen. Ein Einfluss von erhöhter Wassertemperatur infolge des Klimawandels auf die Gametenfunktionalität und die Befruchtung wird daher ausgeschlossen.

Einfluss der Wassertemperatur auf die Embryonalentwicklung:

Generell ist die Embryonalentwicklung der Fische stark von der Wassertemperatur abhängig und die Toleranz gegenüber erhöhten Temperaturen gering. Bereits kurzfristige Überschreitungen der Grenzwerte haben negative Effekte. Bei der Bachforelle ist die Embryonalentwicklung bei Temperaturen >11 °C gestört. Die Embryonen von Äschen tolerieren nur Temperaturen <13 °C, Barschembryonen < 18 °C, Elritzenembryonen <24 °C. Erhöhte Temperaturen während der Embryogenese verringern die Entwicklungsrate, den Prozentsatz an geschlüpften Larven und einen erhöhten Anteil missgebildeter Larven.

Verhaltensbiologische Auswirkungen auf Fische

Mobile Organismen suchen vorteilhafte Gewässerbereiche auf, in welchen ihre Körperfunktionen möglichst optimal aufrecht erhalten werden können. So meiden Salmoniden Temperaturen >20–22 °C (Haynes et al. 1989). Neben der Verteilung der Fische im Wasserkörper können Temperaturerhöhungen auch das Migrationsverhalten beeinflussen, so dass Tiere aus dem Gewässer abwandern. Solche Temperaturblockaden können bei Temperaturerhöhungen von 3–4 °C über dem bevorzugten Temperaturbereich vorkommen (Coutant 1999).

Die Vorzugstemperatur für adulte Äschen liegt zwischen 12 und 16 °C. In den dargestellten Fangdaten in Abbildung 4.3 ist kein Fang über 20 °C belegt (Melcher et al. 2013).

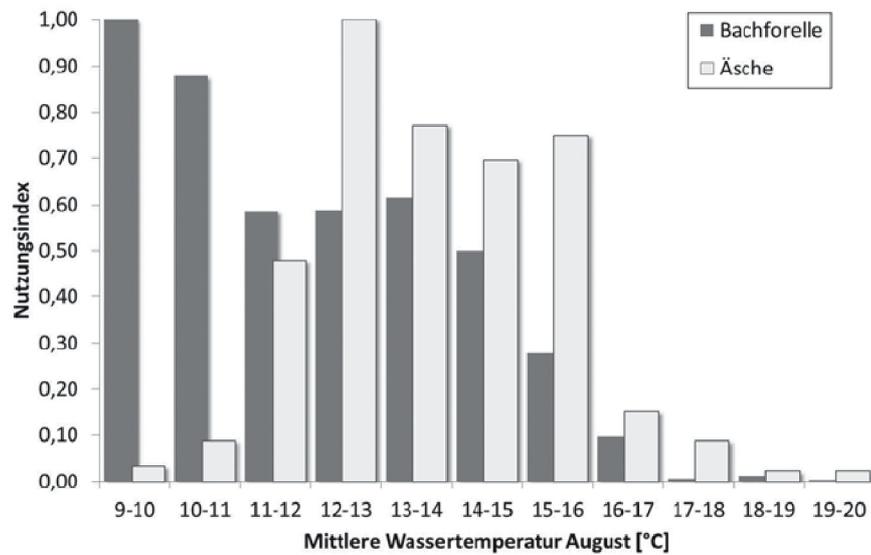


Abb. 4.3: Nutzungsindex von Bachforelle und Äsche für die Wassertemperatur im August (Quelle: IHG DB; N=1858; aus Melcher et al. 2013).

Temperaturbereiche und -grenzwerte

Temperaturbereiche und -grenzwerte von verschiedenen Fischarten und deren Lebensstadien sind in Abbildung 4.4 und Tabelle 4.1 zusammengestellt.

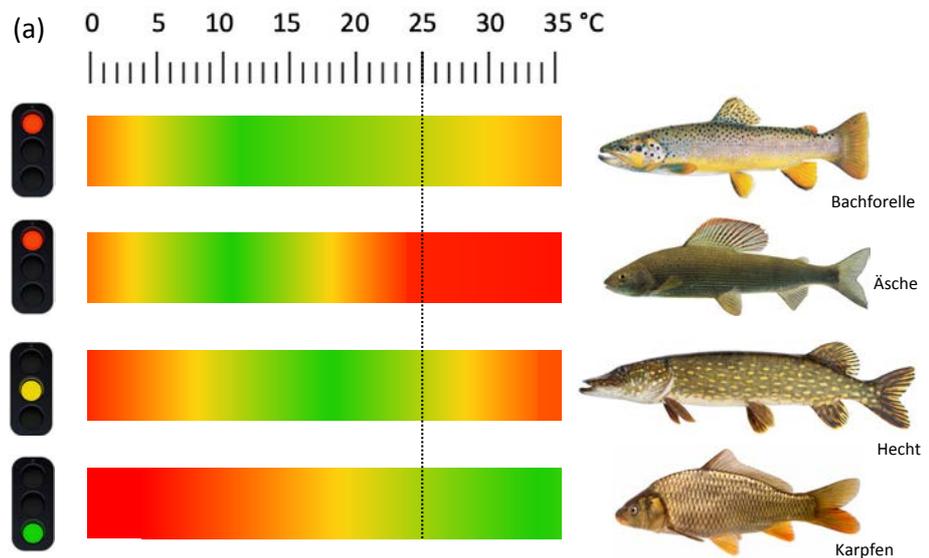


Abb. 4.4: Optimaler (grün) bis kritischer (rot) Temperaturbereich für vier einheimische Süßwasserfischarten Typischerweise können Kaltwasserarten (z.B. (Bach-)forelle, Äsche) Temperaturen über 25 °C (gestrichelte Linie) nicht tolerieren (Quelle: Lahnsteiner 2012).

Tab. 4.1: Zusammenstellung der Temperaturanforderungen der Lebensstadien verschiedener Fischarten aus Küttel et al. (2002), Lahnsteiner (2012) und WFN (2013).

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

5.3.3 Auswirkungen auf Makrophyten und Phytoplankton

Eine Wassertemperaturerhöhung hat einen indirekten Einfluss auf die Makrophyten. Es ist mit einer Zunahme von Makrophyten und Phytoplankton, insbesondere Diatomeen zu rechnen (BfG 2006). Somit steigt sowohl die Primärproduktion als auch die Konkurrenz zwischen Phytoplankton und Makrophyten (Zebisch et al. 2005). Der veränderte Sauerstoffgehalt aufgrund der erhöhten Primärproduktion führt zu biogener Entkalkung (Kristallisation und Fällung von Calciumcarbonat) und Schaumbildung. Hauptmerkmale sind eine Verkrautung und eine Zunahme von Blaualgen. Ebenso ist mit einer vermehrten Algenentwicklung durch eine reduzierte Muschel-Filtrierleistung zu rechnen (Christmann 2007).

5.3.4 Auswirkungen auf Makrozoobenthos

Erhöhte Wassertemperaturen können zum Abbruch des Ruhestadiums oder veränderten Entwicklungszeiten führen (Mehlig & Rosenbaum-Mertens 2008). Pro Jahr werden mehr Generationen produziert (Braune et al. 2008) und es kann zu einer Verschiebung der Lebensgemeinschaften kommen. Sehr heisse Sommertemperaturen können auch Muschelsterben herbeiführen (LUBW 2004). Insgesamt resultiert eine Reduktion der Abundanzen.

5.4 Naturzustand von Fließgewässern

Vor der menschlichen Einflussnahme waren die kleineren Fließgewässer in der Schweiz von Primärwald gesäumt und entsprechend beschattet, wodurch die Wassertemperatur auch im Sommer kühl blieb. Grössere Fließgewässer waren abschnittsweise schon immer besonnt (z.B. Kiesbänke in Auengebieten, breite Gerinne), was aber meist einen geringen Anteil an der gesamten Fließstrecke des Gewässernetzes ausmachte (Elber et al. 2019; Hartmann 2016). Mit dem Aufkommen des Ackerbaus wurde durch Rodung aus der Waldlandschaft zunehmend Kulturlandschaft (Abb. 4.5).

Bevölkerungswachstum, Industrialisierung sowie der zunehmende Flächenbedarf für Verkehrs- und Infrastrukturanlagen führte zu grossen Verlusten an Waldflächen und die intensive Nutzung des Raumes hat zur Verbauung und Begradigung unserer Gewässer geführt. Grosse Fließgewässer im mehrheitlich naturbelasse-

nem Zustand sind in Mitteleuropa und insbesondere im Alpenraum sehr selten geworden. Beispiele für naturbelassene Fliessgewässer mit stark bestockten Seitengerinnen und offenen, besonnten Hauptgerinnen sind der Ticino Inferiore und der Tagliamento in Norditalien, die als Referenzgewässer dienen können (Abb. 4.6).

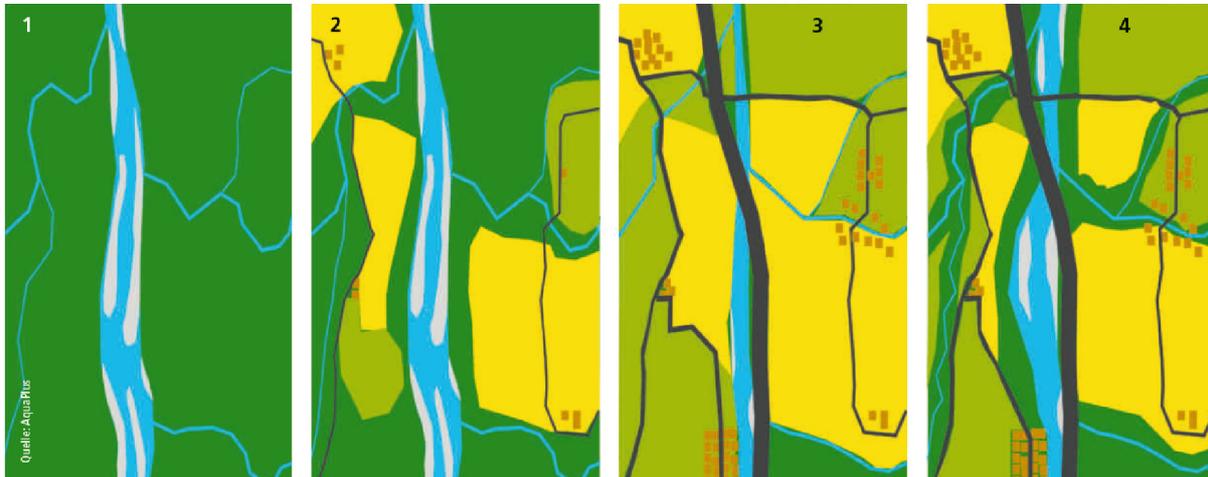
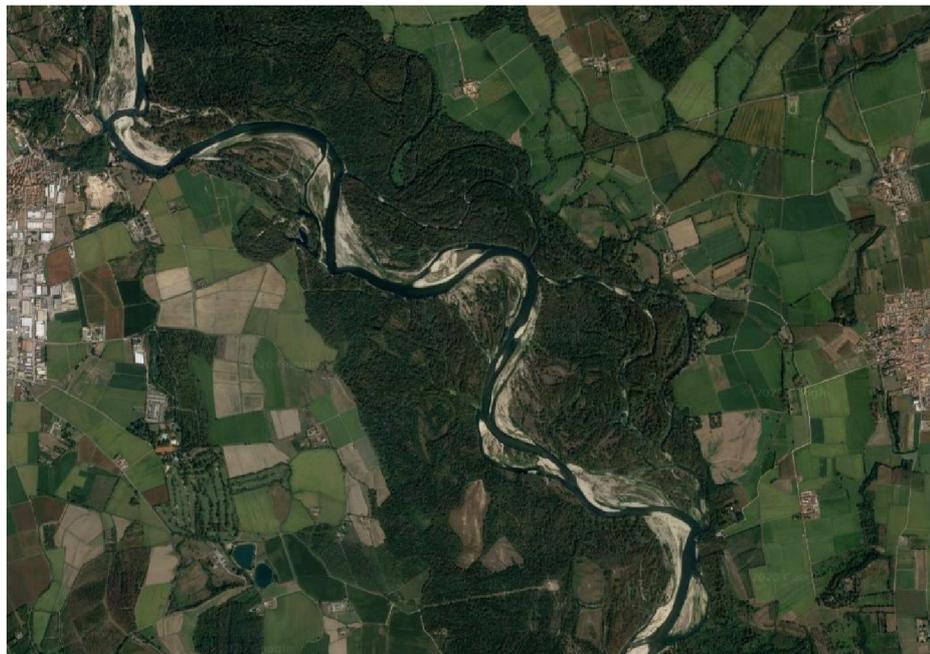


Abb. 4.5: Entwicklung der Bestockung entlang von Fliessgewässern in der Schweiz unterhalb der Waldgrenze. 1) Fliessgewässer nach der Eiszeit: Umgeben von Wald, stark beschattet. 2) Fliessgewässer im Mittelalter: Anthropogene Einflüsse verstärkt vorhanden. Meist noch bewaldet, Siedlungen gewässerfern. 3) Fliessgewässer heute: Anthropogene Einflüsse überwiegen, Begradigungen, Verbauungen, fehlende Bestockung. 4) Fliessgewässer morgen: Anthropogene Einflüsse nehmen etwas ab. Revitalisierte Abschnitte. Begleitender Gehölzstreifen i.d.R. vorhanden. (Quelle: Elber et al. 2019).

Abb. 4.6: Der Ticino inferiore in Norditalien kann als Referenzgewässer für grosse Fliessgewässer mit einer noch mehr oder weniger intakten Bestockung dienen (Quelle: Google Maps).



5.5 Wirkung von Beschattung

Schattenwurf durch Ufervegetation vermag das Temperaturregime eines Fließgewässers – insbesondere in Hitzeperioden – wesentlich zu verändern, da der Wasserkörper von kurzweiliger Sonneneinstrahlung abgeschirmt wird. Ufervegetation kann so massgeblich zum Überleben von sensiblen Gewässerorganismen beitragen. Im Sommer (insbesondere in der kritischen Nachmittagszeit) weisen beschattete Fließgewässerabschnitte im Vergleich zu offenen und unbeschatteten Abschnitten eine deutlich geringere Erwärmung des Wassers auf (Broadmeadows et al. 2001). Im Frühling und Herbst sind diese Unterschiede wesentlich kleiner und im Winter gar unbedeutend (Abb. 4.7). Generell sind die Amplituden des täglichen Temperaturverlaufes von offenen Abschnitten deutlich grösser als jene von bestockten Abschnitten, was in erster Linie an der dämpfenden Wirkung der Vegetation auf das Mikroklima (Windgeschwindigkeiten, relative Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur) liegt (Garner et al. 2017).

Dazu kommt, dass die Wassertemperatur beim Durchfliessen von beschatteten Gewässerabschnitten abnimmt (Moosmann et al. 2005). Mit einer mittleren Beschattung (40–60%) kann einer weiteren Erwärmung im Allgemeinen vorgebeugt werden. Eine mittlere bis starke Beschattung (60–100%) bewirkt bei mittlerem bis hohem Ausgangsniveau sogar eine Abkühlung (Mende & Sieber 2021). An der Orbe konnte bei Niedrigwasserbedingungen auf einer 400 m langen, vollbeschatteten Fließstrecke eine Reduktion der Maximaltemperatur um bis zu 4 °C festgestellt werden. Der Abfluss und die Fließgeschwindigkeit spielen dabei eine wichtige Rolle. Bei grossen, schnellfliessenden Gewässern sind diese Effekte deutlich weniger ausgeprägt als bei kleinen, seichten und langsam strömenden Gewässern.

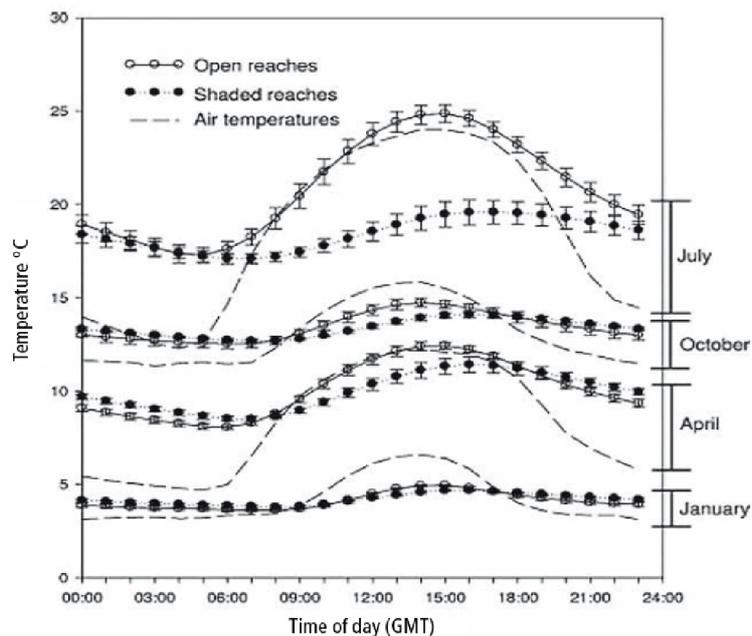


Abb. 4.7: Mittlerer Tagesverlauf der Wasser- und Lufttemperatur in den Monaten Januar, April, Juli und Oktober für einen unbeschatteten und einen beschatteten Gewässerabschnitt. (Quelle: Broadmeadows et al. 2001)

5.6 Bedeutung der Vernetzung

Mit der Fragmentierung und Monotonisierung der Gewässer werden die Rückzugsmöglichkeiten für Tiere in empfindlichen Lebensstadien reduziert (Burkhardt-Holm 2009). Insbesondere Nebengewässer sind oftmals kühler aufgrund höherer Lage des Einzugsgebietes, mehr Beschattung oder stärkerer Grundwassereinfluss und stellen somit wichtige Temperaturrefugien für Fische dar (Lutzer 2017). Diese Refugien sind jedoch heute oftmals durch Abstürze, Schwellen oder Durchlässe vom Hauptgewässer abgeschnitten und für Fische unerreichbar.

6 Erkenntnisse aus den betroffenen Gebieten

Die bilateralen Besprechungen mit den Projektpartnern dienten dazu, vorhandene Informationen zum Thema Fischschutz im Zusammenhang mit Hitze- und Trockenheitsereignissen in den jeweiligen Kantonsgebieten möglichst vollständig abzuholen. Dafür wurden Interviews mit den jeweiligen Vertretern der Fischerei geführt, um Einzelheiten über die in den Hitzesommern 2003 und 2018 ergriffenen Massnahmen zum Schutz der Fische im Hochrhein zu erhalten. Insbesondere von Interesse war auch die Einschätzung der Projektpartner über den Erfolg bzw. Misserfolg der durchgeführten (Not-)Massnahmen sowie deren Entwicklungs- und Verbesserungsmöglichkeiten.

6.1 Kanton Thurgau

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Thurgau und Schaffhausen grosse Fischsterben, bei denen insbesondere Äschen stark betroffen waren. Auf dem Kantonsgebiet wurden insgesamt acht Massnahmen im Mündungsbereich von kühleren Zuflüssen umgesetzt. Insbesondere wurden durch Ausbaggerungen Vertiefungen in der Gewässersohle geschaffen (Tab. 5.1), welche aufgrund des erhöhten Volumens und der reduzierten Durchmischung mit Wasser des Hauptgewässers kühlere Rückzugsorte für Fische bieten. Absperrungen dienten der zusätzlichen Reduktion der Wasserdurchmischung und Ölsperren zum Wasseraufstau. Störungen an den errichteten Kaltwasserzonen wurden schliesslich durch Abdeckungen bzw. Beschattungen und Betretungsverboten reduziert. Die betroffenen Mündungen wurden im Jahre 2020 vor den Hitzemonaten ausgeweitet und vertieft. Zurzeit herrscht ein ganzjähriges Fangverbot der Äsche.

Die Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau hat in Zusammenarbeit mit dem Kanton Schaffhausen ein Äschennotfallkonzept erstellt und arbeitet auch bei der Planung, Koordination und Ausführung der Massnahmen eng mit dem Kanton Schaffhausen zusammen. Werden bei Hitzeereignissen die definierten Schwellenwerte überschritten, findet eine Krisensitzung mit den beteiligten Akteuren (Fischereiaufsicht der Kantone Schaffhausen und Thurgau, Präsident des Fischereiverbandes und Vertreter des KW Schaffhausen) statt, welche Massnahmen beschliessen und koordinieren. Ebenfalls wurde zusammen mit den Kantonen Aargau, St. Gallen und Zürich ein Trockenheitsnotfallkonzept erarbeitet, welches die verschiedenen Aspekte für den Fischschutz resp. die Probleme aufnimmt und Massnahmen im Falle von Hitzeereignissen vorsieht.

Als Vorbereitung für zukünftige Hitzeereignisse werden derzeit benötigte Materialien angeschafft und für den zukünftigen Einsatz vorbereitet. Die Finanzierung erfolgt über die Unterhaltskonzepte für Bäche, den Ökostromfond des KW Schaffhausen und aus Eigenleistungen der Fischereivereine. Wenn Hitze und Trockenheit ein besorgniserregendes Mass annimmt, wird vom Amt für Bevölkerungsschutz ein kantonaler Trockenheitsstab einberufen und geleitet. Der Stab dient dem Austausch der verschiedenen betroffenen Ämter (AfU, JFV, Bevölke-

rungsschutz, Forst, Landwirtschaft etc.), der Informationsvermittlung an die Bevölkerung, und ermöglicht es, zügig Entscheidungen zu treffen.

6.2 Kanton Schaffhausen

Wie bereits oben erwähnt, gab es in den Jahren 2003 und 2018 im Rheinabschnitt des Kantons Schaffhausen und Thurgau grosse Fischsterben, bei denen insbesondere Äschen stark betroffen waren. 2018 wurden 3 grosse Massnahmen (in den Mündungsbereichen von Durach, Biber und Hemishoferbach) sowie mehrere kleinere Massnahmen in Form von Ausbaggerungen im Mündungsbereich von Seitengewässern durchgeführt, die jeweils mit Beschattungsmassnahmen (u.a. als Prädationsschutz) und Betretungsverboten ergänzt wurden (Tab. 5.1). Beim Rheinfluss wurden Bereiche mit Grundwasseraustritten ebenfalls mit Beschattungsmassnahmen und Betretungsverbot ausgestattet. Zusätzlich konnte ein Fangmoratorium für Äschen erlangt werden. Für Äschen bewährt sich eine «gebrochene» Wasseroberfläche, da diese als Deckungsstruktur dient. Mittels Schaufelradbelüfter, die das Wasser auch mit Sauerstoff anreichern können, konnten dies umgesetzt werden.

Im Kanton Schaffhausen ist die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern für die Landwirtschaft nur aus der Biber erlaubt, welche jedoch kanalisiert, kaum beschattet sowie mit Nährstoffen und Pestiziden belastet ist. Die Wasserentnahme für die landwirtschaftliche Bewässerung stellt während Hitzeereignissen ein Problem dar. Längerfristig soll die Biber von Bewässerungsentnahmen befreit werden. Es besteht weiter die Idee, im Mündungsbereich eine Pumpe für den Notfall zu installieren, um kaltes Grundwasser in den Unterlauf einzuleiten.

Ein Äschennotfallkonzept regelt die Zuständigkeiten und Massnahmen für Äschen im Rhein und den Zuflüssen. Das Notfallkonzept wird in Kraft gesetzt, sobald vorgegebene Schwellenwerte überschritten werden. Die Massnahmen können innerhalb von 48h umgesetzt werden, es braucht keine zusätzlichen Bewilligungen. Finanziert werden die Massnahmen durch einen Fonds, der von Fischereivereinen, dem Fonds für Rheinäschen und kantonalen Finanzen getragen wird. Ausserdem finanziert das KW Schaffhausen durch den Ökostromfond fischeribiologische Massnahmen.

Tab. 5.1: Massnahmen zum Schutz der hitzeempfindlichen Fischarten, welche im Hitzesommer 2018 am Hochrhein von den Kantonen getroffen wurden.

Massnahme	Beschreibung	Koordinaten	Kanton
Absperrung, Schaffung Kaltwasserzone, Abdeckung	Absperrung, Schaffung einer Kaltwasserzone durch Installations von Schalttafel zur Reduktion der Durchmischung und Abdeckung im Mündungsbereich des Schmittenbachs	2'706'080 1'279'820	TG
Absperrung	Absperrung im Mündungsbereich des Mülibach	2'705'790 1'279'990	TG
Absperrung, Installation Ölsperre, Ausbaggerung	Absperrung, Installation einer Ölsperre und Ausbaggerung des Gerinne im Mündungsbereich des Tobelbachs	2'705'450 1'280'110	TG
Absperrung, Aushub	Absperrung und Aushub eines Kaltwasserbeckens im Bereich der Etwiler Badi	2'704'880 1'280'960	TG
Absperrung, Ausbaggerung, Abdeckung	Absperrung, Ausbaggerung eines Kaltwasserbeckens und Abdeckung des Gerinne im Unterlauf und Mündungsbereich des Geisslibachs	2'698'220 1'282'990	TG
Absperrung, Installation Ölsperre, Ausbaggerung	Absperrung, Installation einer Ölsperre und Ausbaggerung eines Kaltwasserbeckens im Mündungsbereich des Petribach	2'693'050 1'282'500	TG
Absperrung	Absperrung im Mündungsbereich des Mülibach	2'692'790 1'282'370	TG
Absperrung	Absperrung m Mündungsbereich des Fischzuchtbächlein	2'692'540 1'282'220	TG
Absperrung, Ausbaggerung, Abdeckung	Absperrung, Ausbaggerung eines Kaltwasserbeckens und Abdeckung im Unterlauf und Mündungsbereich des Hemishoferbachs	2'704'330 1'281'460	SH
Absperrung, Ausbaggerung, Abdeckung	Absperrung, Ausbaggerung eines Kaltwasserbeckens und Abdeckung des Gerinne im Unterlauf und Mündungsbereich der Biber	2'702'690 1'281'830	SH
Einleitung Grundwasser	Einleitung von gepumptem Grundwasser in den Mündungsbereich der Drurach	2'689'105 1'283'100	SH
Abdeckung	Abdeckung eines Bereiches mit Grundwasseraufstoss zur Reduktion von Störungen	2'688'300 1'281'500	SH
Absperrung	Absperrung eines Bereiches mit Hangwasseraustritt zur Reduktion von Störungen bei Ellikon	2'687'700 1'274'800	ZH
Ausbaggerung	Ausbaggerung im Mündungsbereich des Chrüzlibachs	2'666'740 1'269'360	AG
Ausbaggerung	Ausbaggerung im Mündungsbereich des Sulzerbachs	2'648'900 1'267'520	AG
Ausbaggerung	Ausbaggerung im Mündungsbereich des Fischingerbachs	2'636'420 1'266'280	AG
Badeverbot	Badeverbot im Unterlauf der der Birs	k.A.	BL, BS
Badeverbot	Badeverbot im Unterlauf der Wiese	k.A.	BS

6.3 Kanton Zürich

In den Jahren 2003 und 2018 gab es auch im Rheinabschnitt des Kantons Zürich grosse Fischsterben, bei denen ebenfalls insbesondere Äschen betroffen waren. 2018 fand eine enge Zusammenarbeit mit den Kantonen Schaffhausen und Thurgau statt.

Im Sommer 2018 bestanden Konflikte mit der Erholungsnutzung durch Badenende in Bereichen mit kalten Hangwasseraufstössen bei Ellikon (Chuetränki), die von Äschen als thermale Refugien genutzt werden. Die Fischereiverwaltung hat in diesem Bereich ein Betretungsverbot ausgesprochen und mittels mobilen Absperrungen, Informationstafeln und Kontrollen durch die Fischereiaufsicht durchgesetzt (Tab. 5.1). Es hatte sich gezeigt, dass die mobilen Absperrungen und Kontrollen ein wirksames Mittel darstellen, um das Betretungsverbot durchzusetzen. Informationstafeln alleine konnten die gewünschte Wirkung nicht erzielen und wurden von den Freizeitsuchenden ignoriert.

Ein wasserbauliches Projekt im Bereich des Hangwasseraustrittes bei Ellikon soll Kaltwasserzonen mittels Umlenkbuhrnen im Hauptgerinne sichern und die Durchmischung reduzieren. Grundwasseraufstösse bestehen nur bei Dachsen und Ellikon. Das neue Äschen-Fangmoratorium, welches im Sommer 2018 in Kraft gesetzt wurde, gilt auch für die Deutsche Rheinseite.

Im Kanton gibt es einen Krisenstab «Trockenheit», bei dem auch das Amt für Landschaft und Natur ALN des Kantons Zürich (und somit auch die Fischereifachstelle) beteiligt ist. Allerdings werden ökologische Anliegen nicht prioritär behandelt.

Zusätzlich wurde zusammen mit den Kantonen Aargau, St. Gallen und Thurgau ein Trockenheitsnotfallkonzept erarbeitet, welches die verschiedenen Aspekte für den Fischschutz resp. die Probleme aufnimmt und Massnahmen im Falle von Hitzeereignissen vorsieht.

6.4 Kanton Aargau

In den Jahren 2003 und 2018 konnte im Rheinabschnitt des Kantons Aargau kein Fischsterben beobachtet werden. Es wurden insgesamt 3 Massnahmen in Form von Ausbaggerungen an Bachmündungen ausgeführt (Tab. 5.1). Die Bewilligungen dafür können von der Fachstelle Wasserbau und den Kraftwerken unproblematisch im Rahmen des Unterhalts erlangt werden.

Für den Fall eines zukünftigen Hitzesommers wurde ein kantonsübergreifendes (St. Gallen, Thurgau und Zürich) sowie ein internes Notfallkonzept erarbeitet, welche die verschiedenen Aspekte für den Fischschutz resp. die Probleme aufnimmt und Massnahmen vorsieht.

Grundsätzlich sollen die Fliessgewässer langfristig ökologisch aufgewertet und besser beschattet werden. Als kurzfristige und im Notfall umsetzbare Massnahme sollen in Flüssen an den Mündungsstellen von kühleren Zuflüssen durch Baggerungen Rückzugsstellen geschaffen werden. Es ist ebenfalls möglich, mittels Schaufelradbelüftern Sauerstoff in geeignete Flussabschnitte einzubringen. Zu-

sätzlich sollen Gewässerabschnitte, welche bei Trockenheit und Hitze Rückzugsstellen bieten, möglichst vor störenden Einflüssen geschützt werden.

Des Weiteren sollen in Anlehnung an Art. 31 Abs. 1 GSchG die Wasserentnahmen sistiert werden, sobald die Abflussmenge eines Baches in den Bereich dessen Mindestrestwassermenge fällt. Bei extremer Wasserknappheit und/oder erhöhten Wassertemperaturen kann auch Frisch- oder Quellwasser eingeleitet werden.

Zusätzlich wurde der «Runde Tisch Trockenheit Gewässer (RTTG)» ins Leben gerufen, bestehend aus Umweltverbänden (Pro Natura, BirdLife etc.), Fischereiverband und kantonalen Fachstellen. Dieser tagt regelmässig und bespricht umgesetzte Massnahmen.

Seit Anfang 2020 steht eine Beschattungskarte zur Verfügung, welche Gewässerabschnitte mit genügender Beschattung, sowie das Potenzial für Gehölzpflanzungen aufzeigt. Die Karte dient als Grundlage für die Wahl von Gewässerabschnitten, in welchen eine Bepflanzung notwendig ist oder um in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft künftige Beschattungsmassnahmen zu planen.

6.5 Kanton Basel-Landschaft

In den Jahren 2003 und 2018 konnte im Rheinabschnitt des Kantons Basel-Landschaft kein Fischsterben beobachtet werden.

Der Krisenstab des Kantons hat im Sommer 2018 ein Badeverbot an der Birs erlassen, das durch die Polizei kontrolliert wurde (Tab. 5.1). Weitere Massnahmen wurden nicht vorgenommen.

Die Fischereiaufsicht hat viele Fische in den kühlen Seitenbächen des Rheins beobachtet, insbesondere in der Birs. Der Rhein wies im Sommer 2018 eine ca. 3 °C höhere Wassertemperatur als z.B. die Birs auf.

Langfristig sollen bauliche Massnahmen zur Strukturierung der Gewässer für tiefere Gewässerbereiche sorgen.

6.6 Kanton Basel-Stadt

In den Jahren 2003 und 2018 konnte im Rheinabschnitt des Kantons Basel-Stadt kein Fischsterben beobachtet werden.

An der Wiese und der Birs, den beiden Hauptzuflüssen des Rheins auf dem Gebiet des Kantons Basel-Stadt, wurde ein Badeverbot erlassen, das durch die Polizei kontrolliert wurde (Tab. 5.1). Das Badeverbot an der Birs wurde in Zusammenarbeit mit dem Kanton Basel-Landschaft durchgeführt.

Im Bereich der Stadt Basel gibt es zahlreiche Fassungen zum Zweck der thermischen Nutzung, insbesondere der Kühlnutzung. Seit der Änderung der Gewässerschutzverordnung ist es möglich, Ausnahmegewilligungen für die Kühlwassernutzung zu erteilen, auch wenn die Wassertemperatur im betroffenen Gewässer > 25° C beträgt. Der Einfluss von thermischen Nutzungen wird im Rhein messtechnisch erfasst. Im Hitzesommer 2018 wurde der Grenzwert gemäss GSchV (max. 0.01° C pro Einleitung) eingehalten.

7 Erkenntnisse aus Expertenbefragungen

Von März bis Mai 2019 wurden acht Fachexperten aus Privatbüros, Umweltorganisationen, Behörden und Fischereiverbänden für eine Befragung zu möglichen Hitzeschutzmassnahmen für Fische telefonisch kontaktiert (die Fachexperten hatten im Voraus ein Inputpapier und einen vorbereiteten Fragebogen erhalten (Anhang B)).

Tab. 6.1: Fachexperten aus Privatbüros, Umweltorganisationen, Behörden, Forschung und Fischereiverbänden die im Rahmen der Expertenbefragung zum Thema Fischschutz bei Hitzeereignissen befragt worden sind.

Name	Vorname	Institution	Funktion
Auckenthaler	Adrian	Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft	Leiter Ressort Wasser und Geologie
Aeschlimann	Adrian	Schweizerisches Kompetenzzentrum Fischerei SKF	Geschäftsführer
Derungs	Guido	Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt, Abteilung Infrastruktur	Projektleiter Wasserbau
Herold	Thilo	Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Hydrologische Grundlagen Gewässer	Verantwortlicher Wassertemperatur
Lang	Thomas	Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft	Leiter Ressort Siedlungsentwässerung und Landwirtschaft
Niederhauser	Pius	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich	Leiter Sektion Oberflächengewässerschutz
Peter	Armin	Peter Fishconsulting GmbH	Fischereibiologe
Sicher	Philipp	Schweizerischer Fischereiverband SFV	Geschäftsführer
Vonlanthen	Pascal	Aquabios Sàrl	Fischereibiologe

Die Ergebnisse der Interviews werden im Folgenden anonymisiert zusammengefasst. Die vollständige Tabelle der Antworten auf die gestellten Fragen befindet sich in Anhang C.

7.1 Massnahmen

Als kurzfristige (Not-)Massnahmen werden Abfischungen, Beschattung, Ausbaggerung von tieferen Gewässerbereichen, Einschränkungen der Wasserentnahmen und der Badenutzung sowie Belüftung für eine erhöhte Sauerstoffzufuhr genannt. Andere bzw. neue Massnahmen aus dem In- oder Ausland sind nicht bekannt. Als wichtige längerfristige Massnahme wird von einigen Experten die Wiederherstellung der Vernetzung – also die bauliche Wiederherstellung der

Fischgängigkeit, allgemein wasserbauliche Massnahmen und die Schaffung von besseren Entscheidungsgrundlagen (Hydrologie, Temperatur) angeführt.

Gefragt nach den Erfahrungen mit kurzfristigen (Not-)Massnahmen gehen die Meinungen auseinander. Aufgrund der Rückmeldungen von direkt Involvierten scheinen die Erfahrungen mit den bekannten Notmassnahmen positiv zu sein. Zwei Experten geben zu bedenken, man wisse zu wenig, um den Erfolg einordnen zu können und es gelte auch mögliche negativen Aspekte von solchen Massnahmen anzuschauen. Ein Experte stellt den langfristigen Nutzen infrage, da sich die Auswirkungen der Gewässererwärmung nicht aufhalten liesse.

Die im Sommer 2018 getroffenen Notmassnahmen werden generell als wirksam beurteilt. Als Erfolgsfaktor wird die Zusammenarbeit der Kantone und die Koordination durch Personen mit Erfahrung aus anderen Hitzeereignissen genannt. Zudem wird von einem Experten vermutet, dass sich die Äschenpopulation durch das Hitzeereignis 2003 bereits etwas an die höheren Temperaturen anpassen konnte. Ein Experte merkt an, dass Öffentlichkeitsarbeit sehr wichtig für die Wirksamkeit ist, damit die Bevölkerung die verhängten Einschränkungen auch versteht und sich daran hält.

Bezüglich artspezifischen Massnahmen wird auf die Bachforelle und die Äsche eingegangen. Ein Experte erwähnt die Barbe, ohne weiter darauf einzugehen. Bei Bachforelle und Äsche werden Unterschiede in der Eignung von Massnahmen gesehen. Genannt wird, dass Bachforellen in kleine Seitengewässer aufsteigen, Äschen hingegen nicht. Während ein Experte Massnahmen für beide Fischarten befürwortet, damit diese sich genetisch an die Gewässererwärmung anpassen können, sieht ein anderer die Entwicklung bei den Äschen als nicht abwendbar. Zwei Experten nennen Fangverbote bei der Äsche als wirksame Massnahme für diese Art.

Als geeignete Werkzeuge, um die Wirksamkeit von Massnahmen schonend zu überprüfen, werden Besenderung, Fischzählgeräte, Fischfangstatistik und Unterwasserkameras erwähnt. Ein Experte hält Informationen über die Ausbreitungsmöglichkeiten der Fische für wichtiger als solche zur Population. Ein anderer sieht einfache aber flächendeckende Erfolgskontrollen als notwendig an und empfiehlt auch eine einfache Schulung dazu (evtl. FIBER Kurs). Es besteht Konsens, dass zu wenig Wissen vorhanden ist.

Dass es wichtig ist, die Erwärmung der Gewässer bei Wasserbauprojekten zu berücksichtigen, ist unter den Experten unbestritten. Ob dies schon ausreichend geschieht, ist hingegen nicht klar. Zwei Rückmeldung sehen die Thematik im Kanton genügend präsent, wobei es Zielkonflikte gebe (z.B. ausreichende Beschattung versus Landwirtschaftsfläche). Zwei Antwortgeber sehen grundlegende Probleme im Bereich von Wasserbau-, Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten: Es werden Naherholungszonen geschaffen, die Fischerei und der Naturschutz kämen zu kurz, das Verständnis für ökologische Zusammenhänge fehle. Ein Experte gibt zu bedenken, dass diese Thematik im Wasserbaustudium viel zu kurz kommt. So würden kaum mehr die Bedeutung von Niederwasserrinnen und Beschattung behandelt.

In diesem Punkt sind sich die Experten einig: Der Zielkonflikt zwischen verbesserter Zugänglichkeit ans Gewässer für Erholungssuchende und Naturschutz müsse – je nach Befragtem übergeordnet oder innerhalb von Projekten – durch eine ge-

zielte Besucherlenkung und zusätzlicher Sensibilisierung der Bevölkerung entschärft werden. Es brauche neben Naherholungsplätze auch Natur-Vorranggebiete, die nicht betreten werden dürfen oder können. Ein Experte gibt zu bedenken, dass sich der Nutzungsdruck auf revitalisierte Abschnitte reduzieren würde, wenn mehr bzw. genug revitalisiert werden würde.

Das Einleiten von Grund- oder Trinkwasser zu Kühlzwecken während Hitzeereignissen spaltet die Meinung der Experten. Diejenigen, welche die Massnahme nicht oder nur im äussersten Notfall als Option sehen, bezweifeln, dass ausreichende Mengen zur Kühlung zur Verfügung gestellt werden können, dass eine Einspeisung von Quellwasser zum Fehlen von Wasser im Oberlauf führen würde oder dass die Nutzungskonflikte zu gross sind. Zweimal wird die grundlegende Problematik angesprochen, dass zu viele Quellen – welche die Gewässer kühlen würden – gefasst sind. Ein Experte sieht die Einleitung von Trinkwasser als «Wiederherstellung der natürlichen Hydrologie», ein anderer ist der Meinung, die Trinkwasserversorgung müsse regional aus grossen Gewässern erfolgen statt aus Quellen. Auch wird darauf verwiesen, dass eine Einleitung kein Sinn mache, wenn nicht generell Wasser gespart würde; es braucht mehr Sensibilisierung der Bevölkerung für Wasserknappheit in Trockenzeiten. Drei Befragte zielen eher auf langfristige Massnahmen ab, welche zur Anbindung von Grundwasserzonen führen. Einer sagt, es müsse zu diesem Zweck bei Wasserbauprojekten immer eine Grundwasserfachperson beigezogen werden.

Massnahmen in kleinen (wieder angebundnen) Seitengewässern sehen die Befragten als geeignet, um eine Wirkung im Hauptgewässer zu erzielen. Dazu gehören gemäss mehreren Antworten wasserbauliche Massnahmen im Gerinne. Ein Experte geht weiter und fordert die Wiederherstellung von Feuchtgebieten (Moore, Sümpfe) und deren Vernetzung mit dem Grundwasser, um den Wasserhaushalt von Einzugsgebieten und deren Wasserrückhaltevermögen zu verbessern. Es wird weiter auf den Artikel «Kleine Bäche – Grosse Bedeutung. Die Bedeutung kleiner Fliessgewässer für unsere Fische» (Peter & Schölzel 2018) verwiesen.

Zur Verhältnismässigkeit von Massnahmen zum Schutz von wärmeempfindlichen Fischarten sind mehrere Experten der Meinung, dass der generelle Schutz von Gewässern verbessert werden muss. Einer warnt davor, nur den Klimawandel als Problem für die Fischfauna zu sehen. Einmal wird darauf hingewiesen, dass gemäss GSchV Regenwasser durch geeignete Massnahmen möglichst lange im Einzugsgebiet verbleiben soll (Wasserrückhaltevermögen). Kurzfristige Schutzmassnahmen können gemäss zwei Befragten dazu dienen, sich Zeit für eine übergeordnete Verbesserung oder eine Anpassung der Fischpopulationen zu verschaffen. Im Allgemeinen wird die Kosten-Nutzen-Problematik bei Notmassnahmen für einzelne oder wenige Arten erkannt, der Tenor scheint jedoch zu sein, vorerst damit weiterzumachen. Ein Experte appelliert an die Einsicht der Fischer, dass Massnahmen ab einem gewissen Zeitpunkt aufzugeben sind, um nicht ein künstliches System zu schaffen.

Betroffene Akteure wie Fischer, Landwirte, Erholungssuchende, Industrie, ARA etc. müssen einbezogen werden, um sie von der Wichtigkeit von Massnahmen überzeugen zu können. Darin sind sich alle Befragten einig. Information vor Ort, durch Medien, Workshops oder Einbezug in Projekte (z.B. Landwirtschaft bei Revitalisierungsprojekten) könnten dabei als wirksame Mittel dienen. Ein Experte

weist darauf hin, dass grundlegend der Wert von Ökosystemdienstleistungen¹ zu wenig bekannt ist und der Bevölkerung vermittelt werden müsse.

7.2 Fische und andere aquatische Organismen

Von Trockenheit und Hitze sind insbesondere die kalt-stenothermen und sauerstoffliebenden Fischarten wie (Bach-)forelle, Äsche, Strömer und Groppe betroffen. Gemäss einer Expertenmeinung können Groppen jedoch ausweichen, indem sie bis zu 1 m ins Interstitial (Lückenraum in der Gewässersohle) hineingehen.

Weiter wird die Organismengruppe des Makrozoobenthos genannt, wobei hier in erster Linie das Austrocknen von Bächen problematisch sein kann. Auch Bestände von Steinkrebs würden bei Hitzeereignissen in Mitleidenschaft gezogen, wobei ihr Vorkommen in stärker beschatteten Gewässern ein Vorteil ist. Ein Experte gibt allgemein zu bedenken, dass alle Organismen, welche in irgendeiner Form von Fischen abhängig sind, durch die Veränderungen betroffen sind.

Für alle Befragten ist klar, dass der Klimawandel langfristig eine Veränderung der Artenzusammensetzung bei den Fischen zur Folge haben wird, wobei sensible Arten verdrängt werden. Ein Experte berichtet, dass Barben und Alet zunehmend die Lebensräume der Bachforelle einnehmen. Ein weiterer Experte äussert sich ausführlich zu dieser Frage. Er ist der Meinung, dass sich die Artenzusammensetzung zwar ändern wird, die Bachforelle sich aber halten kann und lokal angepasste Populationen ausbilden wird. Dabei sei es wichtig, diese Anpassungsfähigkeit der Population nicht durch Bewirtschaftungsmassnahmen zu gefährden. Die Cypriniden würden profitieren und es sei wichtig, nicht nur von den Verlierern zu sprechen, sondern auch von den Gewinnern.

Gefragt danach, ob Schutzmassnahmen auch auf andere Organismen auszurichten seien, sind die Antworten dahingehend, dass die (thematisierten) Schutzmassnahmen für Fische über die ganze Nahrungskette wirken würden.

7.3 Temperatur

Die Befragten sind grundsätzlich der Meinung, es brauche mehr Messdaten, um der Problematik der Gewässererwärmung begegnen zu können. In gewissen Kantonen sei das bereits fortgeschritten. Für einen Ausbau eines Messnetzes werden Temperatur und Abfluss als die wichtigsten Parameter beurteilt. Sauerstoffsättigung, pH und Leitfähigkeit sind für einen Experten von untergeordneter Bedeutung. Einmal wird auf die gesetzlichen Bestimmungen verwiesen, welche regulieren, wie stark ein Gewässer durch Einleitungen erwärmt werden darf. Das müsse überprüft werden, bei Überschreitungen seien Massnahmen einzuleiten. Ein Experte verlangt weitgehende Verbesserung beim Monitoring der Wasserqualität in stehenden und fliessenden Gewässern. Es brauche ein Messnetz, welches anspruchsvollen Qualitätskriterien genügen, wobei die Parameter Abfluss, Pegel und

¹ Als Ökosystemdienstleistungen werden die Vorteile für den Menschen zusammengefasst, welche aus (naturnahen) Ökosystemen (Gewässer) «kostenlos» bezogen werden können.

Temperatur ausreichend seien. Es werden auch die Möglichkeiten des Citizen Science (wissenschaftliche Bürgerbeteiligung) und der thermischen Aufnahmen mit Drohnen ins Spiel gebracht.

Konkrete Vorschläge für einen Kriterienkatalog bezüglich Temperaturgrenzwerte für die Ausführung von Massnahmen werden keine gemacht. Ein Experte ist der Meinung, es müsse früher aufgrund von Wetterprognosen eingegriffen werden. Ein anderer weist darauf hin, die Kriterien seien aus den Soll-Vorgaben für die Gewässerqualität aus der Gewässerschutzverordnung abzuleiten. Ein Dritter mahnt, solche Kriterien seien gewässerspezifisch festzulegen und es müssen auch die Ursachen für eine Erwärmung bekannt sein, bevor eingegriffen wird.

7.4 Nutzung

Um den negativen Einfluss der thermischen Nutzung² zu reduzieren, äussern sich zwei Experten kritisch zu den heute geltenden, ihrer Meinung nach zu hohen Grenzwerten für Wärmeeinleitung. Die thermische Nutzung (von Fliessgewässern) sollte entweder komplett oder zumindest bei Hitze oder Niederwasser gestoppt werden. Ein Befragter hält die kantonale Praxis zur Konzessionierung von Anlagen als ausreichend restriktiv und weist auf die unter gewissen Voraussetzungen unproblematische Nutzung von Seewasser hin.

Mit der Siedlungsentwässerung wird ein breites Themenfeld angesprochen. Der negative Einfluss auf die Gewässer (Temperatur, Hydrologie) kann gemäss den Experten durch unterschiedliche Massnahmen reduziert werden: mehr Versickerung von Meteorwasser und allgemein Trennsysteme³ umsetzen, dem Bau von Rückhaltebecken bei Strassenentwässerungen, Kühlung von Abwasser vor der Einleitung (Wärmerückgewinnung aus Abwasser), weniger Versiegelung und mehr Grünflächen in Siedlungsgebieten oder der Bau von grösseren, zentralisierten ARA's, welche nur in grosse Gewässer einleiten. Ein Experte ist der Meinung, dass Kläranlagen keine grossen Wärmeeinträge verursachen.

Auch für die Reduktion der negativen Einflüsse von Wasserentnahmen auf die Fliessgewässer werden von den Experten verschiedene Ansätze vorgeschlagen, wobei grundsätzlich Einigkeit besteht, dass notwendige Regelungen in den Nutzungskonzessionen zu verankern sind. Neben der bisher üblichen Abstützung auf die Wasserführung schlägt ein Experte weitere Faktoren vor, wie Wetterlage, Jahreszeit oder Grundwasserspiegel, basierend auf welchen eine Nutzung eingeschränkt werden könnte. Zwei Experten erachten einen Nutzungsverzicht als sinnvoll. Ein weiterer Experte bemerkt, dass auch in der Landwirtschaft ein Wechsel zu trockenheitsresistenteren Kulturen stattfinden müsse. Ein Einzugsgebietmanagement bzw. eine Schutz-und-Nutzungsplanung auf Ebene des Einzugsgebietes

² Problematisch ist in diesem Zusammenhang nur die Nutzung zu Kühlzwecken, welche erwärmtes Wasser in die Oberflächengewässer zurück gibt. Eine Wasserentnahme zur Wärmenutzung (Heizen), wie sie typischerweise im Winter stattfindet, führt zu einer Abkühlung der genutzten Gewässer.

³ In Trennsystemen wird (sauberes) Meteorwasser (Regen, Schnee) getrennt von verschmutztem Abwasser gesammelt und direkt in Oberflächengewässer geleitet (ohne eine ARA zu durchlaufen).

tes wird von zwei Experten als notwendig erachtet. Schlussendlich fordert einer, die geltenden Restwasserbestimmungen seien einzuhalten.

7.5 Allgemein

Forschungsbedarf bzw. Fragen bestehen laut den Experten in vielen Bereichen. Folgende Schwerpunkte wurden genannt:

- Hydrologische Entwicklung im Rahmen des Klimawandels⁴. Allgemein und auf Ebene einzelner Gewässer (hydrologische Prognosen, Nutzungsprognosen und -planung, Neuberechnung hydrologischer Kennwerte wie Q_{347} , u.a.).
- Auswirkungen von trockenen / warmen Phasen auf das Verhalten der Fische (Wanderverhalten, Wärmevermeidungsverhalten).
- Auswirkungen von trockenen / warmen Phasen auf das Makrozoobenthos (Artspezifische Präferenzen).
- Lokalisierung von Refugialhabitaten und Kaltwasserzonen.
- Genetischen Anpassungsfähigkeit von Lokalpopulationen.
- Wasserbauliche Reaktion auf Klimawandel.
- Nachhaltige Wasserversorgung.

Als wichtiger Aspekt wird weiter der professionelle Umgang mit Medien zur breiten Kommunikation von Problemen mit Hitzeereignissen in der Bevölkerung genannt. Ein weiterer Experte empfiehlt, mit einem professionellen Informationsmanagement solche kritischen Ereignisse zu nutzen, um aufzuklären und Akzeptanz zu schaffen. Ein Experte fügt an, dass die Kommunikation auch mit der Landwirtschaft verbessert werden müsse und Gewässerrevitalisierungen als Chance verkauft werden sollten. Hitzeereignisse können auch hier gezielt eingesetzt werden, dass grosse Projekte eher akzeptiert werden.

Ein anderer Experte stellt fest, dass Aufwertungsmassnahmen/Revitalisierungen an kleinen Gewässern eine geringe Akzeptanz bei der Bevölkerung aufweisen, da die Zusammenhänge im Gewässernetz nicht verstanden würden. Da sei Aufklärungsarbeit zu leisten.

Ein weiterer Experte nennt die Sensibilisierung der Politik und der Bevölkerung als zielführend, die vorhandenen Wasserressourcen schonender zu nutzen. So soll konkret darauf hingewiesen werden, dass Leitungswasser getrunken werden soll oder dass die Toilettenspülung keine Trinkwasserqualität benötigt. Allerdings ist die Grauwassernutzung bisher noch schwierig und teuer.

Zuletzt pocht ein Experte darauf, langfristige Massnahmen zur Wassernutzung zu ergreifen und eine schweizweite Datenbank zur Wassernutzung aufzubauen.

⁴ Seither wurde der Synthesebericht «Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft.» (BAFU 2021) sowie die Ergebnisse einer ganze Reihe weiterer Forschungsprojekte in diesem Zusammenhang publiziert.

8 Erkenntnisse aus dem Workshop

Am 28. Mai 2019 fand ein Workshop mit den Projektpartnern und Fachexperten aus Privatbüros, Umweltorganisationen und Fischereiverbänden statt (Tab. 7.1). Ziele des Workshops waren die Evaluation und Weiterentwicklung von insbesondere im Kanton Schaffhausen und Thurgau umgesetzten Fischschutzmassnahmen. Der Austausch von Fachwissen, die Diskussion der unterschiedlichen Gegebenheiten und Lösungsansätze der verschiedenen Kantone sowie die Nutzung von Synergien zwischen Projekten des Pilotprogramms Anpassung Klimawandel waren dabei prioritär.

Tab. 7.1: Teilnehmer am Workshop zum Thema Fischschutz bei Hitzeereignissen: Projektpartner sowie Fachexperten aus Privatbüros, Umweltorganisationen, Behörden, Forschung und Fischereiverbänden

Name	Vorname	Institution	Funktion
Aeschlimann	Adrian	Schweizerisches Kompetenzzentrum Fischerei SKF	Geschäftsführer
Bammatter	Lukas	Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich, Fischerei- & Jagdverwaltung	Fischereiadjunkt
Dagani	Diego	Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Revitalisierung und Fischerei	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Gründler	Samuel	Schweizerischer Fischereiverband SFV	Mitglied der Geschäftsleitung, Ressort Artenschutz
Moser	Dario	Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Thurgau	Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fischerei
Müller	Mirco	Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Thurgau	Fischereiaufseher
Rey	Peter	HYDRA Institut für angewandte Hydrobiologie	Hydrobiologe, Fischereibiologe
Scarselli	Mirica	Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt	Leiterin Fachstelle Oberflächengewässer
Wasem	Patrick	Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Schaffhausen	Fischereiaufseher

Der Workshop wurde mit einem Inputreferat eröffnet, welches die Erkenntnisse aus der ersten (Literaturrecherche und Umfrage bei Projektpartnern) und zweiten Projektphase (Expertenbefragung) zusammenfasste (siehe Anhang D). In einem weiteren Referat wurden die kurzfristigen Massnahmen vorgestellt, welche im Hitzesommer 2018 in den Kantonen Thurgau und Schaffhausen umgesetzt worden sind. Die Fragen, die aus den ersten und zweiten Projektphasen abgeleitet wurden sowie Erfahrungen aus dem Hitzesommer 2018 bildeten die Grundlage für diesen Workshop. Die Erkenntnisse des Workshops wurden protokolliert (siehe Anhang E).

8.1 Kurzfristige Fischschutzmassnahmen

Als Diskussionsgrundlage dienten die aus den Kantonen Schaffhausen und Thurgau vorgestellten und während den Hitzeereignissen im Sommer 2018 umgesetzten kurzfristigen Massnahmen.

Um zu wissen, welche Massnahmen in welchen Bereichen sinnvoll sind, ist es wichtig, das Fließgewässersystem im betrachteten Gebiet gut zu kennen und Kaltwasserzonen von Seitengewässern oder Grundwasseraufstößen und Hangwasserbereiche zu ermitteln. Ein Notfallkonzept für das entsprechende Gebiet, welches die Verantwortlichkeiten, den Erhalt von Bewilligungen und die Kostenübernahme für die Massnahmenumsetzung regelt, gilt dafür als wichtige Voraussetzung und ist frühzeitig zu erstellen. Mit der exakten Beobachtung der Wassertemperaturen und deren Vergleich mit Vorjahren sowie die Analyse der Wetterverhältnisse wie längere Trockenphasen oder wechselnde Windrichtungen sollen Massnahmen rechtzeitig initiiert und umgesetzt werden können.

Am Hochrhein konnten in den Kantonen Schaffhausen und Thurgau dank der Vorbereitungen und den Erfahrungen aus dem Hitzesommer 2003 kurzfristige Massnahmen im Sommer 2018 spezifisch auf den jeweiligen Standort schnell und unbürokratisch umgesetzt werden. Das primäre Ziel war die Schaffung von neuen oder der Erhalt und Schutz von bestehenden Kaltwasserzonen. So konnten natürliche Grundwasseraufstöße abgesperrt und Badeverbote verhängt werden, um diese vor Störungen zu bewahren. Teilweise wurden Kaltwasserzonen ausgebaggert und vom Rhein her einen Kanal angelegt, damit diese für Fische erreichbar werden. Auch die Schaffung des Zugangs zu kühleren Seitengewässern hat sich als effiziente Massnahme erwiesen. Als wirksamste Methode hat sich jedoch das Pumpen von Grundwasser in die Mündungsbereiche von Seitengewässern bewährt. Die Kosten für diese Massnahme konnten durch den Ökostromfonds des Kraftwerks Schaffhausen gedeckt werden. Je nach Standort können mittels technischer Einrichtungen wie Sauerstoffbelüftern oder der Beschattung mit Netzen verbesserte Verhältnisse erreicht werden. Zum Einsatz kamen Schaufelradbelüfter, welche eine höhere Sauerstoffsättigung im Wasser bewirken und zusätzlich die Wasseroberfläche brechen, was den Fischen Schutz vor Fressfeinden bietet. Die Belüftung von Rückzugsorten kann sich aber auch problematisch erweisen. Falls die Lufttemperatur die Gewässertemperatur übersteigt, kann sich das Wasser zusätzlich erwärmen. Mit der künstlichen Beschattung mittels Beschattungstüchern oder -netzen über kühleren Wasserbereichen können Fische vor zusätzlichen Stressfaktoren (Prädatoren, Naherholungssuchende etc.) geschützt werden.

Der regelmässige Unterhalt der Massnahmen ist besonders wichtig. So müssen Ausbaggerungen immer wieder erneuert werden, um die tieferen Wasserbereiche zu erhalten.

Äschen-Testfänge und die Zählung von Äschenlarven im Frühjahr 2019 im Rahmen einer Erfolgskontrolle konnten aufzeigen, dass die Äschenbestände – trotz der grossen Verluste durch das Hitzeereignis im Sommer 2018 – nicht komplett eingebrochen waren und sich im folgenden Jahr fortpflanzen konnten. Die Verantwortlichen werten diese Ergebnisse als Erfolg der umgesetzten Massnahmen am Hochrhein. Insgesamt beliefen sich die Kosten für alle Massnahmen auf rund 8'000.- womit im Vergleich zu den üblichen Bewirtschaftungsmassnahmen

(Laichfischfang, Brütlingsbesatz etc.) das Kosten-Nutzen-Verhältnis als gut beurteilt werden kann. Allerdings waren sehr viele Freiwillige im Dauereinsatz.

Als ungeeignet hat sich die Umsiedlung von gestressten Fischen aus betroffenen Gewässern in kühlere Seitengewässer mittels Elektrofischerei erwiesen, da die Mortalität stark erhöht war und viele umgesiedelte Fische verendeten. Darauf sollte wenn möglich verzichtet werden und nur im Notfall eine Umsiedlung nachts mittels Netzen erfolgen. Die Fische sollten dann in kühlere Seitengewässer umgesetzt werden.

Infolge der Diskussion entstanden Ideen für weitere Massnahmen, für die tiefer gehende Untersuchungen bzw. weitere Abklärungen möglicherweise lohnenswert erscheinen:

- ARA's könnten möglicherweise geklärtes Abwasser einleiten, falls dieses kühler ist. Generell könnten im Bereich von ARA-Einleitungen Ausbaggerungen vorgenommen werden, um Kaltwasserbereiche zu schaffen.
- Kursschifffahrten und weitere Freizeitaktivitäten (Gummibootfahrten, Baden etc.) auf dem Hochrhein sollten bei Hitzeereignissen stellenweise eingestellt werden können.
- Die Öffentlichkeitsarbeit wird als wichtig erachtet. Ein Badeverbot mit Informationstafel reicht nicht aus um die Leute ausreichend zu informieren und zu sensibilisieren. Die Medien sollten ebenfalls für diese Zwecke genutzt werden. Oftmals sind diese während des «Sommerlochs» froh über Aktualitäten.

8.2 Langfristige Fischschutzmassnahmen

Als langfristige Massnahmen wird ein Umdenken im Wasserbau als prioritär betrachtet. So sollen bei Wasserbauprojekten eine dichte Uferbestockung für die notwendige Beschattung, ausgeprägte Niederwasserrinnen, Strukturvielfalt im Gerinne insbesondere durch die Entstehung von tiefen Kolken und eine Verminderung der Durchmischung im Bereich von Kaltwasserzonen mittels Instream-Massnahmen zunehmend im Vordergrund stehen. Kühles Hangwasser etwa, welches in den Rhein austritt, könnte längerfristig als kleinräumiges Kaltwasserrefugium dienen. Mittels wasserbaulichen Massnahmen könnte eine Reduktion der Durchmischung erreicht werden. Eine solche Massnahme konnte im Kanton Zürich im Bereich der Chuetränki bei Ellikon bereits erfolgreich umgesetzt werden.

Die Anbindung von kühleren Seitengewässern an das Hauptgewässer durch die Reduktion von Wanderhindernissen würde Fischen den Aufstieg in kühlere Zonen ermöglichen.

Anhand der Wettervorhersage und der Pegeldata im Bodensee sollen die Wasserentnahmemengen insbesondere für die landwirtschaftliche Bewässerung reguliert werden und ab einer gewissen Temperatur (20 °C) vollständig eingestellt werden. Damit könnte zusätzlich eine Reduktion des Abflusses verhindert werden, welcher die Temperatur noch weiter in die Höhe treibt. Dafür müssen die Behörden die Zuständigkeiten festlegen (z.B. mittels Trockenheitsstab) und

entsprechende Alarm- oder Schwellenwerte definieren. Zur Definition der Schwellenwerte sollte die fischzönotische Grundausrüstung des Gewässers ausschlaggebend sein, z.B. 23 °C für Gewässer im Potamal, 21.5 °C für Salmonidengewässer (Meta- und Hyporithral). In Zukunft wäre die alleinige Wasserentnahme aus dem Rhein wünschenswert. Die oftmals kühleren Seitengewässer sollten vor Wasserentnahmen geschützt werden.

Die Übertragung der Verantwortung des Gewässerraums an die Landwirte, welche diesen mit Hecken bepflanzen, würde einerseits für eine verbesserte Beschattung sorgen, andererseits könnten die Landwirte dadurch Subventionen erhalten.

Ebenfalls werden Kormoran-Abwehrmassnahmen bei grösseren Brutkolonien als wichtig erachtet, welche den Fischbestand insbesondere von Äschen massiv gefährden können.

8.3 Grundlagen für Fischschutzmassnahmen

Als notwendige Grundlagen für die Durchführung von Massnahmen wird ein dichteres Pegel- und Temperaturmessnetz insbesondere an kleineren Seitengewässern als bedeutend angesehen. Ebenso müssten dabei vermehrt Sauerstoffkonzentration und -sättigungsmessungen sowohl tagsüber als auch nachts durchgeführt werden. Wärmebildaufnahmen der Gewässeroberfläche könnten möglicherweise helfen, die Temperaturentwicklung z.B. des Bodensees besser vorauszusehen. Weiter müssten Grundwasseraustritte systematisch untersucht werden. Im Hochrhein müssten dafür Taucher (evtl. auch Tauchroboter), welche tiefere Mulden und Grundwasseraufstösse im Gerinne aufspüren könnten, eingesetzt werden. Quellfassungen und Grundwasserpumpwerke, die nicht in Betrieb sind, sollten für andere Zwecke wie der Schaffung von Kaltwasserbereichen genutzt werden können.

Ein Einzugsgebiets-Management in welchem Fragen zum Wasserdargebot, den vorhandenen Grundwasserquellen und deren Schüttungen sowie das Vorhandensein von Trennsystemen von Misch- und Schmutzwasser gesamtheitlich abgedeckt werden, könnte einen umfassenderen Überblick über die zu planenden Massnahmen liefern.

Forschungsbedarf besteht bei der Wirksamkeit von Fischschutzmassnahmen. Allenfalls könnte dies mit Verhaltensstudien über die Bewegungsmuster von Fischen während Hitzeereignissen mittels Telemetrie erreicht werden. Ebenso sollte die langfristige Wirksamkeit und Nutzen von Trockenheitsabfischungen überprüft werden. Dafür wäre eine vom BAFU in Auftrag gegebene Studie wünschenswert. Die mögliche Existenz von vorhandenen Äschen-Teilpopulationen im Bodensee sollte erforscht werden, da noch kaum etwas über die Bedeutung des Bodensees als Äschenlebensraum bzw. als Kaltwasserrefugium für Äschen bekannt ist.

8.4 Verhältnismässigkeit von Fischschutzmassnahmen

Im Verhältnis zu Bewirtschaftungsmassnahmen (Besatz) kosten die kurzfristigen Fischschutzmassnahmen relativ wenig und lokal angepasste Populationen können wirksamer geschützt werden. Solange nicht jedes Jahr ein Hitzesommer auftritt, sind die Notfallmassnahmen durchaus vertretbar. Es konnte festgestellt werden, dass im Hitzesommer 2018 im Vergleich zum Hitzesommer 2003 deutlich weniger Äschen verendet sind. Es wird vermutet, dass die lokalen Äschenpopulationen eine grössere Toleranz für hohe Wassertemperaturen entwickelt haben könnten. Allenfalls wären hierfür gezielte Untersuchungen bezüglich der Temperaturtoleranz und dem Verhalten der Äsche angebracht. Entsprechende Ergebnisse könnten wiederum als Argumente für Schutzmassnahmen dienen.

Die Äsche hat als Flagship-Art auch das Potenzial, bei der Bevölkerung die Akzeptanz für langfristige Gewässeraufwertungsmassnahmen zu schaffen. Der Fokus sollte auf dem Schutz von lokalen Stämmen liegen, zur Förderung autochthoner Populationen. Insbesondere der Schutz der Biodiversität gemäss dem «Aktionsplan Biodiversität des BAFU» dient als Argument für griffige Massnahmen. Bei einem Aussterben von lokal angepassten Populationen würde sich auch die Vielfalt innerhalb der Arten reduzieren, was es zu verhindern gilt.

9 Empfohlene Massnahmen

Auf Grundlage von Literaturrecherche, Befragung der Projektpartner und externen Fachexperten sowie den Ergebnissen des Workshops wurden die Informationen zusammengetragen, eingeordnet, kommentiert und bewertet, sodass eine Übersicht über das Vorgehen für die Planung von Massnahmen erstellt werden konnte. Insbesondere auf die notwendigen Grundlagen (Gesetze, Organisation, Finanzierung, Bewilligung, Definition Grenzwerte), Information der Öffentlichkeit sowie die Priorisierung und Ausführung von Massnahmen (Bauunternehmung, Personal, Materialbedarf, Erfolgskontrolle) wird detailliert eingegangen.

9.1 Vorbereitung

Eine gute Vorbereitung ist für eine erfolgreiche Umsetzung von Notmassnahmen zum Fischschutz, die erst dann umgesetzt werden sollen, wenn die akute Wirkung einer Hitzeperiode absehbar ist, sehr wichtig. Idealerweise findet bereits frühzeitig eine detaillierte Planung statt.

Die Kantone Schaffhausen und Thurgau haben einen Notfallplan («Äschennotfallkonzept») erstellt, welches alle Schritte – von den Zuständigkeiten über die Organisation des benötigten Personals und Materials bis hin zur konkreten Durchführung der Schutzmassnahmen – regelt und sicherstellt. So sollen die kurzfristigen Schutzmassnahmen schnell und effizient umgesetzt werden können. Folgende Punkte sollten in einem Notfallplan behandelt werden:

- Strategie & Zieldefinition
- Gesetzliche Grundlagen
- Organisationsstruktur und Zuständigkeiten
- Finanzierung
- Kommunikationstrategie & Öffentlichkeitsarbeit
- Planung der Massnahmen
- Priorisierung von Massnahmen
- Einholen der Bewilligungen für Massnahmen im Voraus (wenn nötig)
- Auftrags-/Arbeitsvergabe an Bauunternehmer
- Rekrutierung und Mobilisierung von Personal
- Beschaffung von Material und Werkzeugen
- Definition der Alarmschwellenwerte (Wassertemperatur im Rhein, Prognose Wetterentwicklung etc.) für die Auslösung der Massnahmen
- Ausführung von Massnahmen und vermeiden von Störungen (durch bauliche Massnahmen). Arbeiten sind sinnvollerweise vor dem Erreichen der kritischen Wassertemperaturen durchzuführen (Stressoren Trübung, Lärm etc.)
- Fachgerechte Entsorgung der toten Fische bei einem Fischsterben
- Erfolgskontrolle

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

9.1.1 Gesetzliche Grundlagen

Massnahmen zum Schutz der Fische vor Hitzeereignissen müssen zwingend 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 Schutze gefährdeter Arten und Rassen Massnahmen anordnen. Gestützt auf diesen Artikel können, neben Schonbestimmungen und Fangverboten, auch andere Massnahmen zum Schutz der gefährdeten Fischarten und Rassen 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.

Gesetzliche Grundlagen 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, dem Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1996 (SR 451) sowie zahlreichen kantonalen Gesetzen ableiten.

9.1.2 Organisationsstruktur und Zuständigkeiten

Die Hoheit über die Gewässer und die Fischerei obliegt den Kantonen. Entsprechend liegt die Verantwortung für die Umsetzung von geeigneten Massnahmen 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 erfahrende 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.

9.1.3 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, stellt die Finanzplanung allenfalls vor 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 alimentiert werden, z.B. andere öffentliche Institutionen, Spenden von Privaten und NGOs, Lotteriefond etc.

9.1.4 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.

9.1.5 Planung von Massnahmen

Grundsätzlich gibt es zwei Typen von Massnahmen. Kurzfristige (Not-)massnahmen, die eine kurzfristige Hitzeperiode zu überbrücken vermögen, sowie Massnahmen, die den Zugang zu oder den Erhalt von kühleren Gewässerbereichen langfristig ermöglichen. Für kurzfristige Massnahmen gilt es als Erstes, das Einzugsgebiet genau zu kennen: Wo liegen Grundwasseraufstösse? Welche Seitenbäche weisen grundsätzlich kühlere Wassertemperaturen auf? Oder gibt es tiefere Bereiche im Hauptgewässer, die Kaltwasserzonen darstellen? Kann kühleres Grund-/Trinkwasser eingeleitet werden? Können Wasserentnahmen reduziert/gestoppt werden? Um Kaltwasserzonen zu erkennen hilft es auch, das Verhalten von Fischen zu beobachten, die sich bevorzugt in solchen aufhalten. Die Beobachtung und vorausschauende Analyse der Wetterprognosen und Erfahrungen damit, wie die Gewässertemperaturen darauf reagieren, gehört ebenfalls zur Pla-

nung von kurzfristigen Massnahmen. Neben Temperatur und Abflussdaten können dabei auch die Windverhältnisse eine entscheidende Rolle spielen. Dabei ist es wichtig, das notwendige Material und Personal im Voraus organisiert zu haben und 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.

9.1.6 Priorisierung von Massnahmen

Nach der Lokalisierung von möglichen Massnahmenbereichen gilt es diese einer Priorisierung zu unterziehen. Dabei sollen Orte und Massnahmen mit dem grössten Potenzial, möglichst viele Fische 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.).

9.1.7 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.

9.1.8 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.

9.1.9 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 und allenfalls auch praxisorientiert angewandt werden.

9.1.10 Beschaffung und Bereitstellung von Material und Werkzeugen

Material und Werkzeuge, die für die Durchführung der kurzfristigen Notmassnahmen erforderlich sind, müssen bereits im Voraus beschafft und bereitgestellt werden. Es empfiehlt sich, das ganze benötigte Material (Abdeckplanen, Absperrbänder, Befestigungsmaterial wie Seile, Spanngurte und Eisenpfähle sowie Informationstafeln, Schaufelradbelüfter etc.) und 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.

9.1.11 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 richten sich die Alarmschwellenwerte an der jeweiligen Fischregion bzw. der Zielarten. Im Hochrhein sind die Zielarten insbesondere die Äsche sowie die Bachforelle, beides hitzeempfindliche Fischarten.

Eine Alarmierung kann in zwei Stufen erfolgen:

1. Erstellung der Bereitschaft beim Erreichen einer Wassertemperatur, die dem oberen kritischen Temperaturbereich der Zielfischart entspricht (Äsche: 18–24 °C, siehe Küttel et al. 2002). Ab diesem Zeitpunkt sollte die Wetterentwicklung der nächsten Tage genau beobachtet und die Endvorbereitungen für die Ausführung der Notmassnahmen getroffen werden.
2. Auslösung der Massnahmen bei der Überschreitung einer Wassertemperatur, die dem oberen Temperaturbereich der Zielfischart entspricht (Äsche: > 24 °C, siehe Küttel et al. 2002) und einer ungünstigen Wetterentwicklung (Wetterprognose mit mehreren darauffolgenden Hitzetagen ohne Niederschläge).

9.1.12 Ausführung von Massnahmen

Bei der Erstellung der Bereitschaft (Alarmstufe 1) sollte im Rahmen der Endvorbereitung alle beteiligten Personen (Mitarbeiter, Helfer etc.) und Unternehmer über einen möglichen Einsatz informiert werden. 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 sollten täglich kontrolliert werden und, falls nötig, Anpassungen oder Verbesserungen daran vorgenommen werden.

9.1.13 Fischsterben: Entsorgung der Fischkadaver

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.

9.1.14 Erfolgskontrolle

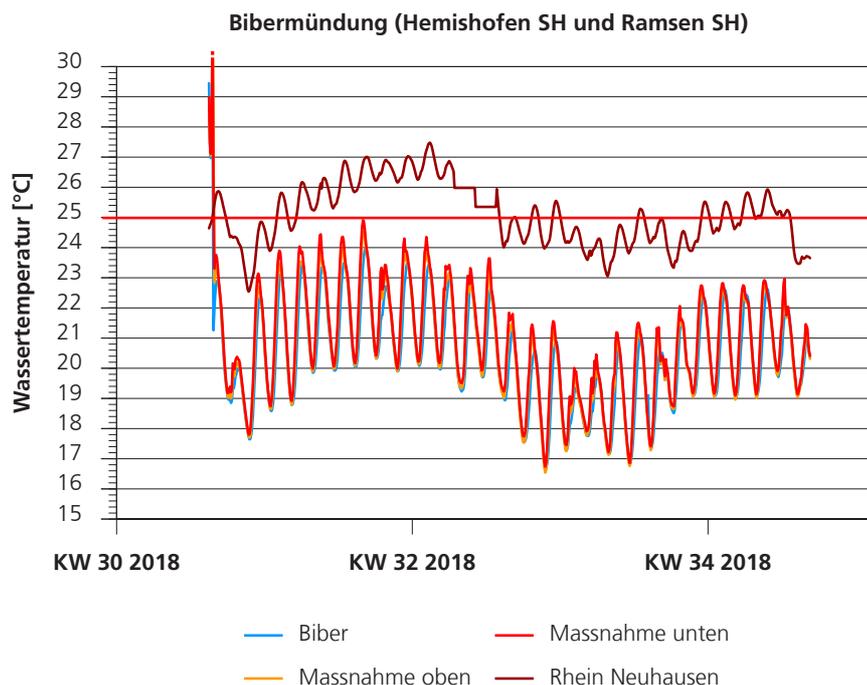
Um die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen zu überprüfen, soll nach Möglichkeit eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden. Anhand der Erkenntnisse aus den durchgeführten Erfolgskontrollen lassen sich Massnahmen priorisieren oder allfällige Anpassungen und Verbesserungen an den bereits durchgeführten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

Grundsätzlich lassen sich Erfolgskontrollen auf zwei Ebenen durchführen: zum einen auf der Ebene der einzelnen Massnahme und zum anderen auf der Ebene der Fischpopulation in einem Gewässerabschnitt.

Bei Erfolgskontrollen auf der Ebene einer einzelnen Massnahme kann z.B. überprüft werden, ob die getroffenen Massnahmen (z.B. die Schaffung von Kaltwasserzonen durch Ausbaggerungen) tatsächlich die rasche Durchmischung von kühlem Wasser aus Seitengewässern mit dem warmen Wasser des Hauptgewässers reduzieren. Dies lässt sich einfach mittels Temperaturmessungen (z.B. der Installation von Temperatur-Datenloggern oder regelmässigen Handmessungen) erreichen (Abb. 8.1).

Abb. 8.1: Temperaturmessungen in der künstlich angelegten Kaltwasserzone im Bereich der Biber-mündung auf dem Gebiet der Gemeinden Hemishofen SH und Ramsen SH im Hitzesommer 2018.

Der Verlauf der Wassertemperatur innerhalb der Massnahme folgt dem Temperaturverlauf der Biber und liegt deutlich unterhalb der Wassertemperatur des Rheins und knapp unter der kritischen Wassertemperatur von 25 °C. (Daten: AquaPlus AG).



Auch kann überprüft werden, ob die einzelnen Massnahmen von den betroffenen Fischarten tatsächlich aufgesucht werden. Somit lassen sich insbesondere Aussagen über die Auffindbarkeit und die Fassungskapazität einer einzelnen Massnahme treffen. Dazu können z.B. Videosysteme zur Zählung und Beobachtung der Fische installiert werden oder regelmässige Kontrollgänge von geschulten Personen. Von Elektrofischungen zur quantitativen Erhebung des Fischbestandes innerhalb einer einzelnen Massnahme sollte jedoch unbedingt abgesehen werden, um die Tiere nicht unnötig zu stressen.

Erfolgskontrollen auf Populationsebene können z.B. durch den Nachweis der Fortpflanzung der betroffenen Fischarten (z.B. der Zählung von Laichgruben oder von Fischlarven im Uferbereich) und durch standardisierte Bestandeserhebungen (Kontrollfischfänge) im Folgejahr erfolgen. Auch anhand der Analyse von Fischfangstatistiken lassen sich Informationen zum Zustand einer Population ableiten. In den Kantonen Schaffhausen und Thurgau wurden Äschenlarvenzählungen und Kontrollfischfänge im Folgejahr sowie eine Analyse von Fischfangstatistiken durchgeführt, um Hinweise zur Überlebensrate der Äschen zu erhalten. In grossen Fließgewässern wie dem Hochrhein ist es jedoch kaum möglich, mittels Erfolgskontrollen die Auswirkungen der Massnahmen auf die gesamte Fischpopulation (oder der Populationen der besonders betroffenen Kaltwasserarten) genau zu quantifizieren, aber es können dennoch grobe Erkenntnisse zum Zustand einer Population daraus abgeleitet werden.

9.2 Verfügbarkeit und Beschaffung von relevanten 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.

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

Im Hauptgewässer

- Systematische Suche nach Bereichen mit Grundwasser- und Hangwasseraustritten (z.B. Chuetränki bei Ellikon ZH, Rheinfallbecken in Neuhausen SH).
- Systematische Suche nach tiefen Stellen (Kolke) in der Gewässersohle.
- Suche nach Deckungsstrukturen unter Wasser.
- Morphologische Beeinträchtigungen.
- Hydrologische Beeinträchtigungen (Restwassertrecken, Staubereiche etc.).
- weitere Nutzungen: Landwirtschaft (Landnutzung und Bewässerung), Entlastungen etc.
- Einleitungen (Siedlungsentwässerung, Industrie).

Auf Ebene der Einzugsgebiete der (kleinen) Rheinzuflüsse

- Wasserdargebot muss bekannt sein.
- Quellinventar (ungefasste, gefasste Quellen, Schüttungsmengen).
- Grundwasservorkommen, Grundwasserstände.
- Grundwasserentnahmen (Pumpen, Versickerungen, Aufstösse, Quellen etc.).
- Inventar Wassernutzung: Quellfassungen, Grundwasserpumpwerke, Fassungen Oberflächengewässer (Wasserkraft, Bewässerung etc.), Rückgabestellen in Oberflächengewässer (ARA, Meteorwasser, Hochwasserentlastungen etc.).
- Bodennutzung (z.B. Bodeneignungskarte, Arealstatistik etc.).
- Kartierung der Ufervegetation der (kleinen) Rheinzuflüsse (evtl. Informationen aus Ökomorphologie), Beschattung.

- Inventar Feuchtgebiete (wichtig als Wasserspeicher, Puffer).
- Wetterdaten (Niederschlag, Lufttemperatur, Wind).
- Hydrologie der Rheinzuflüsse (Abflussregime, Abflussmengen etc.).
- Installation von Messstationen (Abfluss, Temperatur, Sauerstoffgehalt- und -sättigung) in den Rheinzufüssen.
- Kartierung Wanderhindernisse in Rheinzufüssen, insbesondere im Bereich der Mündung (evtl. Informationen aus Ökomorphologie). Vernetzung sehr wichtig.
- Lage und Erreichbarkeit von tiefen, strömungsberuhigten Bereiche (Kolke) mit genügenden Deckungsstrukturen in den Zufüssen.
- Fischvorkommen, weitere aquatische Organismen.
- weitere Einflüsse: Wasserqualität, Vorkommen von Fischkrankheiten (PKD, Saprolegnia etc.), Bewirtschaftungsmassnahmen.

Diese Informationen bilden die Grundlage für die Priorisierung und Planung von Fischschutzmassnahmen, sowohl von kurzfristigen wie auch von langfristigen.

9.3 Massnahmen im Hauptgewässer (Rhein)

Der Handlungsspielraum für kurzfristige Massnahmen im Hauptgewässer (z.B. Hochrhein) ist relativ klein, da sie oft mit anderen Nutzungsinteressen in Konflikt stehen. Insbesondere der Druck durch Freizeitsuchende (z. B. Bootsverkehr, Badende, Spaziergänger etc.) ist im Sommer, besonders während Hitzeperioden, sehr stark, was die Umsetzung von flächendeckenden Massnahmepaketen erschwert. Punktuelle Massnahmen lassen sich vermutlich deutlich einfacher realisieren.

9.3.1 Reduktion von Störungen

Die Reduktion von Störungen ist eine der wichtigsten Massnahmen zum Schutz der Fische vor Hitzeereignissen im Hauptgewässer. Temperaturempfindliche Fischarten wie die Äschen und Bachforellen suchen bei thermischem Stress Bereiche mit kälterem Wasser auf, wie z.B. kühlere Zuflüsse (siehe unten) oder Bereiche mit Grund- oder Hangwasseraustritten. Bei thermischem Stress sind die Fische sehr empfindlich auf Störungen durch Bootsverkehr, Badende, Hunde etc. Sind solche Kaltwasserzonen im Hauptgewässer bekannt, lassen sich Störungen in diesen Bereichen durch Freizeitsuchende gezielt reduzieren.

**Abb. 8.2: Beispiel eines «Massnahmepaketes zur Reduktion von Störungen» an einer künstlich errichteten «Kaltwasserzone» im Mündungsbe-
reich des Hemishoferbachs (Gemeinde Hemishofen SH) mit Informationstafel, Absperrung mittels Absperrband und Abdeckung mit Beschattungstüchern aus dem Gemüseanbau als Deckungsstruktur bzw. Sichtschutz.**



Die Erfahrung in den Kantonen Schaffhausen, Thurgau und Zürich haben gezeigt, dass die Reduktion von Störungen durch ein Paket von Massnahmen erfolgreich sichergestellt werden kann (siehe Abb. 8.2):

- Informationstafeln: Dienen der Sensibilisierung der Bevölkerung, um Akzeptanz für die getroffenen Massnahmen zu schaffen.
- Weiträumige Absperrung mittels Absperrband oder Gitter: Verhindern den Zutritt zu den störungsempfindlichen Kaltwasserbereichen.
- Abdeckung der Kaltwasserbereiche durch Planen oder Netze: Dienen den Fischen als Unterstand (Sichtschutz) sowie Schutz vor Prädation durch fischfressende Vögel.
- Kontrollen durch die Fischereiaufsicht oder die Polizei
- Sanktionsmöglichkeiten (Bussen) bei Nichtbeachtung der behördlichen Weisungen.

9.3.2 Submerse Deckungsstrukturen

Das Einbringen von submersen Deckungsstrukturen mit heterogenem Lückensystem (wie Totholzbündel, Wurzelstämme, Engineered-Log-Jams etc.) im Bereich solcher Kaltwasserzonen können das permanente Deckungsangebot für Fische erheblich erhöhen (Abb. 8.3). Insbesondere Kleinfische und strukturgebundene Arten (z.B. Bachforellen) profitieren von solchen untergetauchten Deckungsstrukturen, da sie auch die Prädation durch wärmetolerante Raubfische (z.B. Alet) und fischfressende Vögel sowie andere Störungen reduzieren können. Fachgerecht eingesetzt, vermögen solche Strukturen dynamische Auflandungs- und Erosionsprozesse zu aktivieren und so die Gerinnesohle lokal zu strukturieren (z.B. durch die Entstehung von Kolken). Beim Einbringen solcher permanenter Deckungs-

strukturen ist zu beachten, dass sie gut am Ufer oder in der Gewässersohle verankert werden und nicht abgeschwemmt werden können, weshalb bei der Planung erfahrene Ingenieurbüros zu konsultieren sind.

Abb. 8.3: Ein «Engineered-Log-Jam (ELJ)» mit seinem heterogenen Lückensystem bietet zahlreichen Fischarten und deren Lebensstadien Deckungsstrukturen, die Fische vor Störungen und Prädation schützen können (Widmer et al. 2019). In einer Kaltwasserzone (z.B. im Bereich von Grundwasser- oder Hangwasseraustritten oder im Bereich von Mündungen von Seitengewässern) platziert können solche Strukturen wirksame Schutzmassnahmen bei Hitzeereignissen darstellen.



9.4 Massnahmen in Mündungsbereichen

Mündungsbereichen von Seitengewässern kommt beim Schutz der Fische vor Hitzeereignissen eine besondere Bedeutung zu, insbesondere im Hochrhein, der in Bezug auf die Wassertemperatur stark vom Bodensee (Untersee) abhängig ist. Mittlere und kleine Seitenzuflüsse sind oft deutlich kühler als das Hauptgewässer. Fische suchen bei thermischem Stress gezielt solche kühlen Zuflüsse auf.

Während des Hitzesommers 2018 wurden in den Kantonen Thurgau und Schaffhausen zahlreiche Schutzmassnahmen in Mündungsbereich kleiner Seitenzuflüsse umgesetzt, welche von zahlreichen hitzeempfindlichen Fischen aufgesucht wurden.

9.4.1 Anbindung von Seitengewässern an das Hauptgewässer

Seitengewässer sind heute oftmals durch anthropogene Hindernisse wie Abstürze, Schwellen oder Durchlässe vom Hauptgewässer abgeschnitten und für Fische unerreichbar (siehe Kapitel 8.5.3 «Wiederherstellung der Längsvernetzung»). Die Anbindung von Seitengewässern durch die Entfernung solcher Hindernisse würde langfristig sowohl die Fischwanderung als auch die Verfügbarkeit von wichtigen Refugialräumen während Hitzeperioden verbessern.

Selbst ohne künstlichen Hindernisse kann unter Umständen die Anbindung von Seitengewässern beeinträchtigt sein. Seitengewässer transportieren oft eine beträchtliche Menge an Geschiebe mit und lagern dieses im Mündungsbereich im Hauptgewässer ab (Deltabildung). Bei tiefen Abflüssen (sowohl im Haupt- wie auch im Seitengewässer) ist die Vernetzung der Gewässer oftmals eingeschränkt,

da das zufließende Wasser aus dem Seitengewässer im Bereich dieser Ablagerungen sehr seicht ist oder sogar versickert. Bei der Errichtung solcher künstlicher Kaltwasserzonen ist zu achten, dass diese für die Fische aus dem Hauptgewässer zugänglich bleibt, auch wenn sich der Pegel des Hauptgewässers verändert (z.B. im Verlauf der Hitzeperiode stark sinkt). Oftmals muss eine Niederwasserrinne ausgehoben und gegebenenfalls nachgebessert werden, um die Vernetzung des Seitengewässers mit dem Hauptgewässer zu gewährleisten (Abb. 8.4).

Abb. 8.4: Künstlich Kaltwasserzone (oben links im Bild) im Mündungsbereich der Biber und Kanal (im Vordergrund) als Zugang zu einer weiteren künstlichen Kaltwasserzone weiter flussaufwärts in der Biber (in den Gemeinden Ramsen und Hemishofen SH). Aufgrund des sinkenden Wasserstandes des Rheins mussten die Massnahmen mehrfach nachgebessert werden.



9.4.2 Künstliche Kaltwasserzonen

Bei künstlichen Kaltwasserzonen handelt es sich um künstlich erzeugte Vertiefungen in der Gewässersohle in Bereichen mit kühlem Wasser (Gründler et al. 2019). Diese Vertiefungen in der Gewässersohle erlauben es, aufgrund des erhöhten Volumens und der reduzierten Durchmischung mit Wasser des Hauptgewässers eine deutlich effizientere Nutzung des kühlen Wassers. Das kühle Wasser stammt üblicherweise aus Seitengewässern oder bekannten Grund- und Hangwasseraustritten, kann aber im Extremfall und über einen kurzen Zeitraum auch aus der Trinkwasserversorgung (z.B. aus Trinkwasserfassungen, die aufgrund von Qualitätsproblemen stillgelegt werden mussten) stammen (Abb. 8.5).

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 oben).

Abb. 8.5: Ausheben einer künstlichen Kaltwasserzone im Mündungsbereich eines kühleren Seitengewässers. Diese Kaltwasserzonen können zusätzlich mit Netzen/Tüchern vor Störungen geschützt werden.
(Gründler et al. 2019).



9.4.3 Künstliche Belüftung

Bei zunehmender Wassertemperatur nimmt die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser ab. Jedoch steigt der Sauerstoffbedarf der Fische aufgrund beschleunigter Stoffwechselprozesse. Zusätzlich kann (je nach Gewässertyp) der Sauerstoffgehalt des Wassers während eines Tages stark fluktuieren: Während Wasserpflanzen tagsüber durch ihre photosynthetische Aktivität das Wasser zusätzlich mit Sauerstoff anreichern, verbrauchen sie in der Nacht den Sauerstoff zum Teil wieder (Christmann 2007). Dies kann dazu führen, dass in der zweiten Nachthälfte der Sauerstoffgehalt unter den für Fische kritischen Wert von 3–4 mg/l fällt.

Um das Wasser (z.B. in künstlichen Kaltwasserzonen) zusätzlich mit Sauerstoff anzureichern, hat sich (besonders im Hitzesommer 2018) der Einsatz von Schaufelradbelüftern bewährt (Abb. 8.6). Diese Geräte werden üblicherweise in Aquakulturen angewandt und benötigen für den Betrieb einen Stromanschluss (Achtung: Gewisse Modelle benötigen einen Stromanschluss mit einer Spannung von 400 V), der je nach Standort organisiert werden muss. Die Schaufelradbelüfter haben (neben ihrem Hauptzweck der Sauerstoffanreicherung) den Vorteil, dass sie die Wasseroberfläche brechen und somit den Fischen auch eine Art Sichtschutz bzw. Deckung bieten.

Abb. 8.6: An der Bi-ber wurde ein Schau-felradbelüfter instal-liert um eine höhere Sauerstoffsättigung insbesondere in der zweiten Nachthälfte zu erreichen. Zudem bietet die gebrochene Wasseroberfläche den gestressten Fischen zu-sätzlichen Schutz (Gründler et al. 2019).



9.5 Massnahmen in Seitengewässern

Seitenzuflüsse sind oft deutlich kühler als das Hauptgewässer und spielen darum eine wichtige Rolle als Refugium bei Hitzeereignissen. Fische aus dem Hauptgewässer suchen bei thermischem Stress gezielt solche kühlen Zuflüsse auf und überbrücken auf diese Weise Hitzeereignisse. Obwohl das kühle Wasser während Hitzeereignissen auch im Mündungsbereich und sogar im Hauptgewässer eine positive Wirkung auf die Fischpopulation entfalten kann, haben dicht bestockte, strukturreiche und durchwanderbare Seitengewässer ein deutlich höheres Potenzial als Refugialraum während Hitzeereignisse als künstlich angelegte Kaltwasserzonen in Mündungsbereichen.

9.5.1 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 sollten.

Obwohl die rechtlichen Grundlagen für die Bestockung von Fliessgewässern vorhanden sind, stehen sie oft in Konflikt mit den Interessen des Hochwasserschutzes. 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. So kann die maximale Tagestemperatur des Wassers um bis zu 4 °C reduziert werden und ausserdem zum Anstieg der Habitat- und Artenvielfalt beitragen (Moosmann et al. 2005). Die kühlende Wirkung von gut beschatteten Zuflüssen ist selbst in

Hauptgewässern messbar, die aufgrund ihrer Breite nicht vollständig beschattet sein können.

Die Bestockung der Uferbereiche von Seitengewässern bietet, wie bereits erwähnt, zahlreiche langfristige Vorteile für das Gewässer und die davon abhängigen Lebewesen. Bis jedoch eine neu gepflanzte Bestockung ihre Wirkung entfalten kann und das Gewässer effektiv zu beschatten und dadurch zu kühlen vermag, vergehen meist viele Jahre bis Jahrzehnte. Abhilfe können direkt ans Gewässer gesetzte, rasch wachsende Sträucher oder die Pflanzung schon grösserer Gehölze schaffen. Letztere sind aufgrund des Sonnenganges besonders effektiv eingesetzt, wenn bei Ost-West ausgerichtetem Gewässerverlauf das Südufer bepflanzt wird (Elber et al. 2019).

9.5.2 Beschattung durch Abdeckung mit Planen, Netzen oder Tüchern

Als kurzfristige Beschattungsmassnahme bietet sich die Abdeckung von Seitengewässern mit Planen, Netzen oder Tüchern an (Abb. 8.7). Solche Abdeckungen sind sehr schnell installiert und verhältnismässig günstig (in Bezug auf Materialkosten und Personalaufwand). Solche Abdeckungsmaßnahmen bieten ausserdem weitere Vorteile: Die Abdeckplanen dienen als Sichtschutz und verhindern, dass die bereits gestressten Fische durch Passanten aufgeschreckt werden. Auch erschweren sie die Zugänglichkeit dieser Gewässerabschnitte für fischfressende Vögel wie Kormoran, Gänsesäger und Graureiher.

Abb. 8.7: Der Unterlauf des Geisslibachs in der Gemeinde Diessenhofen TG wurde auf einer Länge von ca. 70 m mit Beschattungstüchern aus dem Gemüseanbau abgedeckt. Die Abdeckung von kleinen Gewässern hat – neben der Beschattung und einer einhergehenden Abkühlung des Wassers – noch weitere Vorteile und Schützen die Fische vor der Prädation durch fischfressende Vögel und von Störungen durch Passanten.



9.5.3 Wiederherstellung der Längsvernetzung

Viele Fließgewässer in der Schweiz sind durch eine Vielzahl von künstlichen Hindernissen wie z.B. Sohlswellen und Wehre für Fische nicht mehr durchwanderbar. Die Wiederherstellung der Längsvernetzung von Fließgewässern ist darum auch ein zentrales Anliegen bei der strategischen Revitalisierungsplanung. Hindernisfreie Fließgewässer erfüllen für eine Vielzahl von Fischarten wichtige Lebensraumfunktionen (Nahrungshabitate, Laichhabitate, Unterstände etc.) und können von Fischen als Refugialraum bei Hitzeereignissen oder Hochwassern genutzt werden.

Die langfristige Wiederherstellung der Längsvernetzung, z.B. durch den Austausch von unpassierbaren Sohlswellen 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 (Abb. 8.8).

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.

Abb. 8.8: Wiederherstellung der Längsvernetzung durch Fischtreppen. Dadurch werden thermale Refugialräume langfristig zugänglich. Das Bild zeigt die 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).



9.5.4 Strukturverbesserungsmassnahmen

Eine Vielzahl von Fließgewässern in der Schweiz ist morphologisch beeinträchtigt und strukturarm (siehe Daten Ökomorphologie). Strukturreiche Gewässer bieten den aquatischen Lebewesen inkl. Fischen deutlich bessere Lebensraumbedingungen als monotone Gewässer, was sich meist in ihrer Biodiversität und Biomasse niederschlägt. Oftmals ist es nicht möglich, lange Gewässerabschnitte ordentlich zu revitalisieren, d.h. den naturnahen Zustand eines Gewässers inkl. deren Strukturvielfalt, Dynamik, Bestockung etc. wiederherzustellen. Alternativ lassen sich monotone Abschnitte mit Instream-Massnahmen strukturell aufwerten, indem Strukturelemente wie Wurzelstöcke, Totholzgebündel, Blöcke etc. in das bestehende Gerinne eingebracht und verankert werden (Abb. 8.9). Diese Strukturelemente dienen den Fischen als Deckung und reduzieren Störungen und Stress.

Abb. 8.9: Instream-Massnahmen als Beispiel für Strukturverbesserungsmassnahmen innerhalb eines bestehenden Gerinnes. Hier wurden Raubäume zur Erhöhung der Strukturvielfalt am Gäbelbach (BE) eingesetzt.



9.5.5 Wasserentnahmestopp

Das Wasser von Oberflächengewässern wird vielfältig genutzt: zur Stromproduktion, zur landwirtschaftlichen Bewässerung, zu Kühl- und Energiegewinnung etc. Das Gewässerschutzgesetz GSchG regelt die Wasserentnahme zur Nutzung. Während Hitzeereignissen sind insbesondere die Entnahmen zwecks landwirtschaftlicher Bewässerung (Reduktion des Abflusses) und die Nutzung zu Kühlzwecken problematisch. Die Bedeutung kleiner Seitengewässer zur Stromproduktion ist relativ gering und die Auswirkung auf die Abflussmengen und Wassertemperatur je nach Anlagentyp unterschiedlich.

Sinken während Hitzeperioden die Abflüsse auf ein besonders tiefes Niveau und steigen die Wassertemperaturen stark an, kann es angebracht sein, die Entnahme bzw. Nutzung von Oberflächenwasser auszusetzen. In den Kantonen Thurgau und Schaffhausen können die Behörden einen Entnahmestopp aus allen Fließgewässern ausser dem Bodensee und dem Rhein verfügen.

9.5.6 (Not-) Abfischungen

In der Vergangenheit wurden Fische oft grossflächig mit Strom aus den sich erwärmenden und austrocknenden Gewässern gefischt (Notabfischungen). Jedoch stellen Elektrofischungen für die ohnehin bereits gestressten Fische einen zusätzlichen Stressfaktor dar. Ihre Überlebenschancen sind dadurch verringert, was oftmals zur Verendung der umgesiedelten Fische führte. Ausserdem können mit Translokationen Fischkrankheiten verschleppt werden.

Aus diesen Gründen sollten Notabfischungen nur noch nach sorgfältigen Interessensabwägungen gemäss dem Entscheidungsdiagramm in Abbildung 8.10 durchgeführt werden («Merkblatt Trockenheit» Kanton Aargau, St. Gallen, Thurgau und Zürich). Falls eine Abfischung durchgeführt wird, sollte diese bei möglichst kühlen Temperaturen stattfinden und eine Umsiedlung sollte nur innerhalb des lokalen Gewässersystems vorgenommen werden.

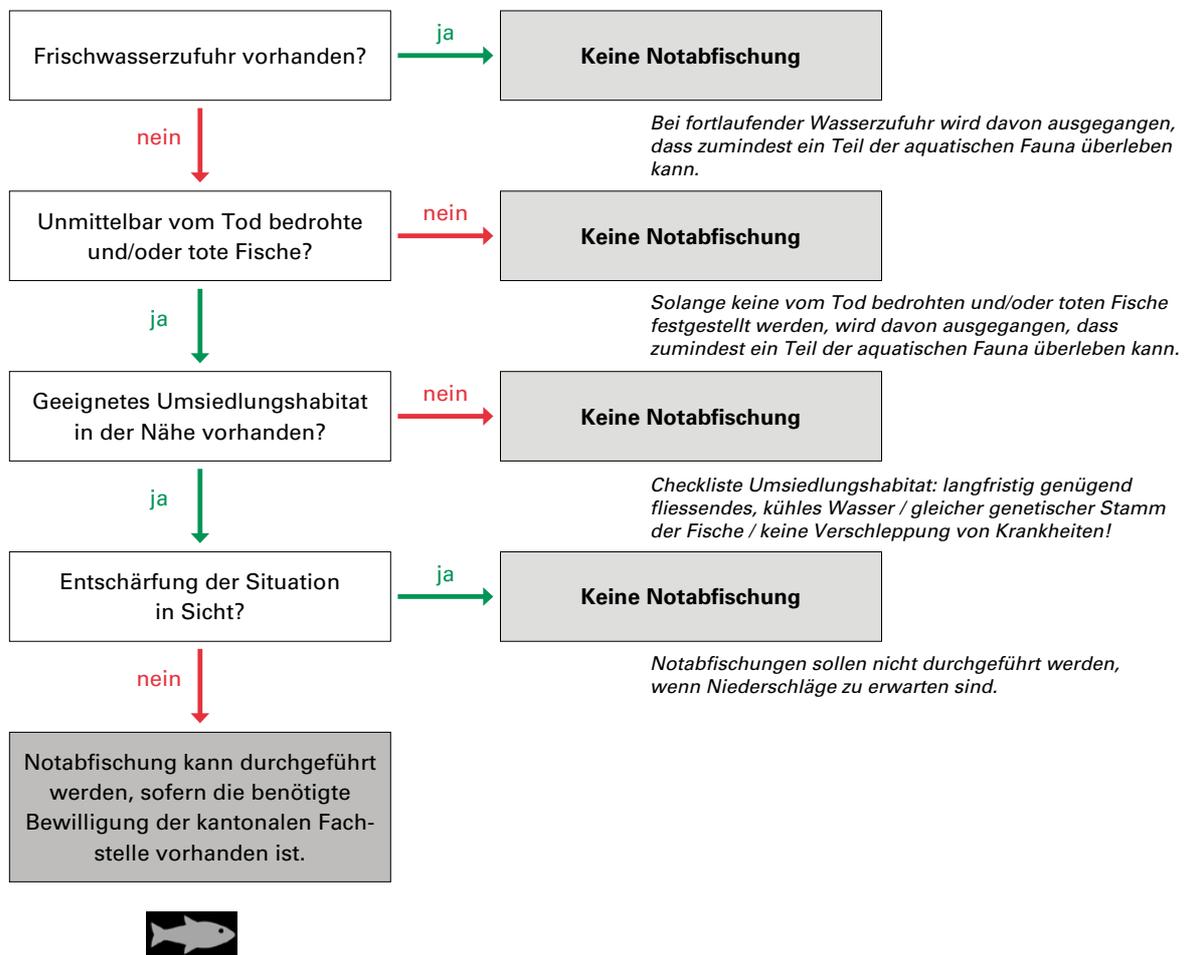


Abb. 8.10: Entscheidungsdiagramm für eine Notabfischung nach «Merkblatt Trockenheit» Kanton Aargau, St. Gallen, Thurgau und Zürich.

9.5.7 Akzeptanz veränderter Artenspektren

Langfristig wird sich eine Verschiebung der Fischartenzusammensetzung in unseren Mittellandgewässern einstellen. Kälte- und sauerstoffliebende Arten werden zunehmend in höhere Lagen gedrängt und wärmetolerante Cypriniden breiten sich aus. Damit wird eine Verschiebung der Fischregionen einhergehen. Eine Studie aus Österreich zeigt anschaulich die Veränderung des Artenspektrums in Flüssen unterhalb von Seen (Abb. 8.11). Damit werden auch Fischer langfristig auf andere Angelfische ausweichen müssen.

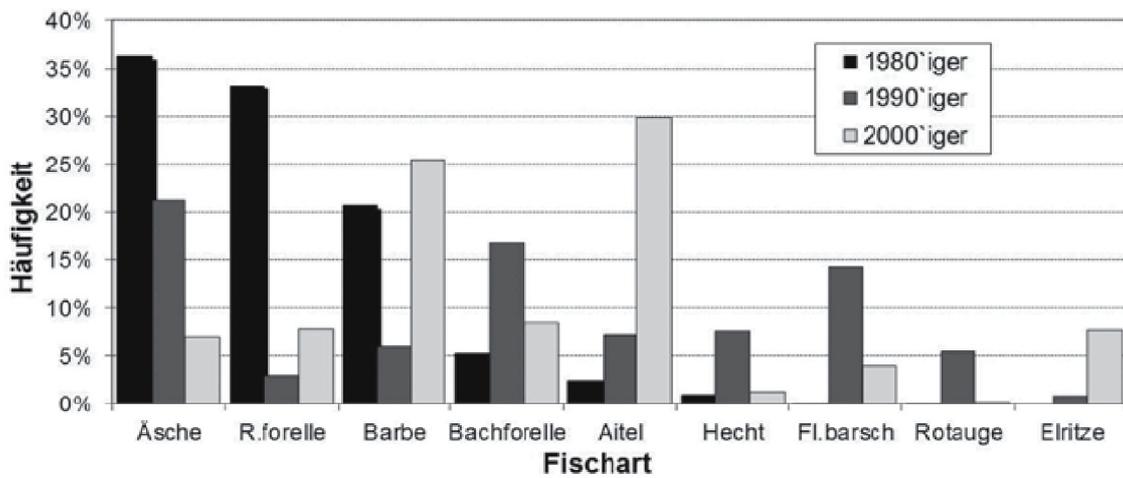


Abb. 8.11: Verschiebung der Fischartenverteilung ausgewählter Arten unterhalb des Traunsees in Österreich im Zeitraum von 1980 bis 2010 (Quelle: Melcher et al. 2013).

9.6 Fazit

Eine gute Vorbereitung ist für eine erfolgreiche Umsetzung von Notmassnahmen zum Fischschutz sehr wichtig. Idealerweise findet bereits frühzeitig eine detaillierte Planung statt und es liegen Notfallkonzepte vor, in welchen auch die Zuständigkeiten klar geregelt sind.

Um Akzeptanz für Einschränkungen zu schaffen, ist die Öffentlichkeit über Massnahmen zu informieren. Eine allgemeine Sensibilisierung betreffend der Thematik hilft auch bei der Umsetzung langfristiger Massnahmen.

Werden Massnahmen ergriffen, so soll deren Wirksamkeit überprüft werden. Anhand der Erkenntnisse aus Erfolgskontrollen lassen sich zukünftig Massnahmen anpassen, verbessern und priorisieren. Neben der direkten Kontrolle der Massnahmen ist auch ein Verständnis der Entwicklungen auf Populationsebene notwendig, um die übergeordneten Schutzziele erreichen zu können.

Die Verfügbarkeit von relevanten Informationen und geeigneter Entscheidungsgrundlagen bzw. deren Beschaffung spielt für den Schutz der Fische vor Hitzeereignissen eine zentrale Rolle. Insbesondere bei weitreichenden Massnahmen wie einer Einschränkung der Wassernutzung bedarf es einer Abstützung auf soliden Grundlagen.

Als kurzfristige und im Notfall umsetzbare Massnahmen sind (1) Ausbaggerungen von tieferen Gewässerbereichen zur Schaffung von künstlichen Kaltwasserzonen, (2) die temporäre Anbindung von Seitengewässern mittels Schaffung einer Niederwasserrinne, (3) künstliche Beschattungen und Störungsschutz, (4) eine künstliche Belüftung v.a. nachts, sowie (4) Einschränkungen der Wasserentnahme und der Badenutzung besonders effektiv.

Notbefischungen sollen nur nach einer sorgfältigen Interessensabwägung durchgeführt werden. Bei der künstlichen Belüftung von Gewässern soll sichergestellt werden, dass sich das Wasser durch die Zufuhr von warmer Tagesluft nicht zusätzlich erwärmt. Allgemein ist darauf zu achten, dass Massnahmen sich nicht negativ auf andere Schutzinteressen auswirken.

Als langfristige Massnahmen sollen – abgesehen von der allgemeinen Revitalisierung der Gewässer – mit zukünftigen Wasserbauprojekten insbesondere (1) eine dichte Uferbestockung für eine ausreichende Beschattung, (2) die Wiederherstellung der Vernetzung (d.h. die bauliche Wiederherstellung der Fischgängigkeit), (3) eine ausgeprägte Niederwasserrinne, sowie (4) die Verbesserung der Strukturvielfalt im Gerinne (v.a. durch die Entstehung von tiefen Kolken) und für die Verminderung der Durchmischung im Bereich von Kaltwasserzonen angestrebt werden.

Zuletzt muss gesagt werden, dass die steigenden Wassertemperaturen unaufhaltsam zu weitgehenden Veränderungen in den aquatischen Ökosystemen führen werden. Langfristig wird sich eine Verschiebung der Fischartenzusammensetzung in Schweizer Mittellandgewässern einstellen. Mit Massnahmen lassen sich die Auswirkungen von Extremereignissen auf die Lebensgemeinschaften vermindern und deren Resilienz erhöhen. Massive Veränderungen gegen das Ende des Jahrhunderts lassen sich allein durch konsequenten Klimaschutz abwenden.

9 Literaturverzeichnis

- Abbe, T.B. (2000). Patterns, mechanics and geomorphic effects of wood debris accumulation in a forest river system. PhD. dissertation, University of Washington, Seattle, WA. 219 p.
- Agrawal, U. & A.K. Srivastava (1978). Cold shock induces changes in the interrenal tissue of a fresh water tropical teleost, *Colisa fasciatus*. Arch. Anat. Micros. Morphol. Exp. 67, 1–10.
- BAFU (Hrsg.) 2021: Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserrwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 134 S.
- BAFU (2019). Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1909: 91 S.
- BAFU (2019): Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2018. Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1907: 40 S.
- BfG (2006). Niedrigwasserperiode 2003 in Deutschland: Ursachen – Wirkungen – Folgen. Mitteilung Nr. 27, Bundesanstalt für Gewässerkunde: 211 S.
- Braune, E., Richter, O., Söndgerath, D., Suhling, F. (2008). Voltinism flexibility of a riverine dragonfly along thermal gradients.
- Broadmeadow, S. B., Jones, J. G., Langford, T. E. L., Shaw, P. J., Nisbet, T. R. (2001). The influence of riparian shade on lowland stream water temperatures in southern England and their viability for brown trout. River Res. Applic. 27: 226–237.
- Burkhardt-Holm, P. (2009). Klimawandel und Bachforellenrückgang – gibt es einen Zusammenhang? Resultate aus der Schweiz. Environ Sci Eur 21, 177–185. <https://doi.org/10.1007/s12302-009-0043-7>
- Christmann, K.-H. (2007). Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007, Teil II-A. Das Phytoplankton im Rhein (2006–2007): 39 S.
- 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.
- Elber, F., Stäheli, T., Camenzind, M. (2019). Revitalisierung von Fließgewässern in Zeiten des Klimawandels. AquaViva 3/2019.

- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G., Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, Vol.19: 193-212.
- Fry, F.E.J. (1967). Thermal effects on fish ecology. Pages 375–409 in A.H.Rose, editor. *Thermobiology*. Academic Press, London, New York.
- Garner, G., Malcolm, I. A., Sadler, J. P., Hannah, D. M. (2017): The role of riparian vegetation density, channel orientation and water velocity in determining river temperature dynamics. *Journal of Hydrology* 553: 471–485.
- 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.
- Gründler, S., Schläppi, Th., Sicher, Ph. (2019). Massnahmekonzept Hitzesommer und Fischerei. Handbuch für Verbände, Vereine und Angler. Herausgeber: Schweizerischer Fischerei-Verband SFV. Bern, Juni 2019.
- Hartmann, O. (2016). ELJ - Grundlagen, Wirkung und Bau (Präsentation). Kanton Bern - Volkswirtschaftsdirektion, Amt für Landwirtschaft und Natur.
- Haynes, J.M., Gerber, G.P., Buttner, J.K. (1989): Response of sport fishes to thermal discharges into the Great Lakes: is Somerset Station, Lake Ontario, different? *Journal of Great Lakes Research* 15:709–718.
- Haynes, J.M., Gerber, G.P., Buttner, J.K. (1989): Response of sport fishes to thermal discharges into the Great Lakes: is Somerset Station, Lake Ontario, different? *Journal of Great Lakes Research* 15:709–718.
- Hunziker, S. & Wüest, A. (2011). Anthropogene Temperaturveränderungen in Flüssen und Seen – eine Literaturanalyse. Eawag.
- Krejci, V., Frutiger, A, Kreikenbaum, S., Rossi, L. (2004). Projekt «STORM: Abwässereinleitungen aus Kanalisationen bei Regenwetter» – Gewässerbelastungen durch Abwasser aus Kanalisationen bei Regenwetter. Broschüre Eawag und BUWAL, 36 S.
- Küttel, S., Peter, A., Wüest, A. (2002). Rhône Revitalisierung, Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten schweizerischer Fliessgewässer. Eawag Publikation Nummer 1.
- Lahnsteiner, F. (2012). Effect of temperature on the reproductive potential of teleost fish. Blue Globe Foresight. Klima- und Energiefonds.
- Latzer, D. (2017). Fische und die Wassertemperatur. Salzburgs Fischerei 2017.
- 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.

- LUBW – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2004): Das Niedrigwasserjahr 2003. In *Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie* Nr. 85. Karlsruhe.
- 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. *Transpondary and emerging diseases*, 57(5), 293–304.
- McLeay, D.J. (1977). Development of a blood sugar bioassay for rapidly measuring stressful levels of pulpmill effluent to salmonid fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 447–485 (cf Noggle 1978).
- Mehlig, B. & Rosenbaum-Mertens, J. (2008). Klimawandel – Auswirkungen auf Oberflächengewässer: Quantität und Qualität. Präsentation zur Fachtagung «Folgen des Klimawandels für die Wasserwirtschaft, 20. Mülheimer Wassertechnisches Seminar 2007»
- Melcher, A., Pletterbauer, F., Kremser, H., Schmutz, S. (2013). Temperaturansprüche und Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischfauna in Flüssen und unterhalb von Seen. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*. Vol.65,11-12:408–417.
- Mende, M., Sieber, P. (2021). Wie halten wir unsere Fließgewässer kühl?
- Michel A., Råman Vinnå L., Bouffard D., Epting J., Huwald H., Schaeffli B., Schmid M., and 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.
- Moosmann, L., Schmid, M., Wüest, A. (2005). Einfluss der Beschattung auf das Temperaturregime der Orbe. *EAWAG Kastanienbaum*. 27 S.
- Oidtmann, B. (1994): Untersuchungen zum Auftreten von Schäden und Veränderungen des Blutbildes bei Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) in Teichhaltungen im Vergleich mit Wildforellen. Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwigs-Maximilians-Universität München.
- Peter, A., Schölzel, N. (2018): Kleine Bäche – Grosse Bedeutung. Die Bedeutung kleiner Fließgewässer für unsere Fische. *Aqua & Gas*, 7/8, S. 70–78.
- Robinson, P.J. (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*, 40(4), 762–775. doi:10.1175/1520-0450(2001)040<0762:otdoah>2.0.co;2.
- Russo, S., Dosio, A., Graversen, R.G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M.B., Vogt, J.V. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 119(22), 12500-12512. doi:10.1002/2014JD022098.
- Selye, H. (1950): Stress and general adaptation syndrome. *Br. Med. J.* 1, 1383–1392.

- Srivastava, A.K. & U. Agrawal (1977). Involvement of pituitary-interrenal axis and cholinergic mechanisms during the cold shock leucocyte swquence in a fresh water teleost, *Colisa fasciatus*. Arch. Anat. Micros. Morphol. Exp. 66, 97–108.
- Tinz, B., Freydank, E., Hupfer, P. (2014). Hitzeepisoden in Deutschland im 20. und 21. Jahrhundert. In: Lozan, J., Grassl, L., Karbe, L., Jenritzky, G. (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffentl. (Kap. 3.1.8) – www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.
- WFN (2013): Fisch und Temperatur. Leiden unsere Fische bald unter Hitzestress? Tagung Cercl'eau 13. Juni 2013, La Neuveville.
- Widmer, A., Haupt, S., Werdenberg, N. (2019). Planungshilfe Engineered Log Jam (ELJ). Grundlagen – Dimensionierung – Planung – Bau. 60 S.
- Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., Cramer, W. (2005). Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. UBA Forschungsbericht 201 41 253. Umweltbundesamt. Dessau: 203 S.
- Ziarek, J.J., Nihongi, A., Nagai, T., Uttieri, M., Strickler, J.R. (2011). Seasonal adaptations of *Daphnia pulex* swimming behaviour: the effect of water temperature. Hydrobiologia 661:317–327.

ANHANG

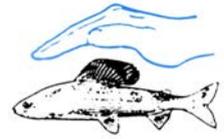


- ANHANG A: Fragen Projektpartner
- ANHANG B: Fragen Experteninterview
- ANHANG C: Auswertung Experteninterviews
- ANHANG D: Fragen Workshop
- ANHANG E: Protokoll Workshop

ANHANG A

Fragen Projektpartner





«Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen»



Besprechung mit Projektpartner

Ziel der bilateralen Besprechungen mit den Projektpartnern ist es, im Zusammenhang mit Hitze- und Trockenheitsereignissen möglichst vollständig die vorhandenen Informationen zum Thema Fischschutz abzuholen und die gemachten Erfahrungen aufzunehmen.

Insbesondere von Interesse sind die in den Jahren 2003 und 2018 ergriffenen Massnahmen zum Schutz der Fische im Hochrhein, deren Lokalisierung, die Einschätzung von deren Erfolg bzw. Misserfolg sowie die vorgängig abgelaufenen Prozesse zur Planung, Bewilligung, Finanzierung und Durchführung dieser Massnahmen.

In diesem ersten Schritt soll es weiter darum gehen, die Problematik relativ umfassend zu betrachten. Es sollen so nach Möglichkeit neben den bisherigen Lösungsansätzen bzw. (Not-)Massnahmen weitere Ansätze identifiziert werden, wie die Problematik entschärft werden kann oder wie der Handlungsspielraum in Zukunft verbessert werden kann. Dabei kann es um administrative Abläufe, um Datengrundlagen zur Entscheidungsfindung, um rechtliche Aspekte bezüglich Kompetenzen der Behörden während Hitzeereignissen oder um raumplanerische oder wasserbauliche Aspekte gehen.

Die gesammelten Informationen werden anschliessend ausgewertet und für die weitere Bearbeitung im Rahmen der Phase 2 priorisiert bzw. selektiert.

Mögliche Fragen (nicht abschliessend)

Es soll nicht darum gehen, alle Fragen durchzuarbeiten, sondern die wichtigen und relevanten Informationen zusammenzutragen.

Massnahmen

Bisherige (Not-) Massnahmen zum Schutz der Fische vor Hitze

- Gibt es Dokumente / Unterlagen zum Vorgehen bei Hitzeereignissen im Hochrhein oder in anderen kantonalen Gewässern?
- Welche Massnahmen wurden angewandt? Welche Erfahrungen wurden gemacht?
- Woher stammen die Informationen zu den angewandten Massnahmen?
- Gibt es GIS-Daten zu Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen?
- Wurden bereits Erfolgskontrollen bei Massnahmen durchgeführt? Wenn ja, wie wurden diese durchgeführt und wie steht es um deren Datenqualität und Verfügbarkeit?
- Wurden bereits Messkampagnen während Hitzeereignissen durchgeführt?
- Gibt es geregelte Abläufe / Reaktionsschemata wie bei Hitzeereignissen reagiert werden soll? Wie kommt z.B. ein Wasserentnahmeverbot zu Stande?
- Wie werden bei den Kantonen solche ad-hoc (Not-)Massnahmen finanziert? Sind weitere Mittel notwendig und können solche beschafft werden?

Zukünftige Massnahmen

- Sind weitere Massnahmen vorgesehen, welche bisher nicht umgesetzt wurden?
- Liegen Unterlagen vor zu zukünftig vorgesehene Massnahmen zum Fischschutz bei Hitzeereignissen?
- Woher stammen die Informationen für zukünftige Massnahmen?

Weitere? ...

Akteure

- Welche Akteure sind involviert bei der Planung, Bewilligung, Finanzierung und Durchführung von (Not-)Massnahmen zum Fischschutz im Hochrhein?
- Gibt es weitere relevante Akteure, welche 2003 und 2018 nicht involviert waren?
- Können Akteure identifiziert werden, welche den Fischschutz bei Hitzeereignissen behindern?

- Gibt es eine interkantonale Zusammenarbeit und/oder eine Zusammenarbeit mit dem Land Baden-Württemberg?

Weitere? ...

Datengrundlage

Vorhandene Daten

- Messnetz Wassertemperatur und Hydrologie BAFU: geeignet um Problematik zu begegnen?
- Kantonales Messnetz / Messstellen?
- Neben Abfluss, Pegel und Temperatur: Sind weitere Messwerte vorhanden (Sauerstoffsättigung, pH, Leitfähigkeit, andere)?
- Sind Auswertungen der zeitlichen Entwicklung der relevanten Messdaten vorhanden?
- Gibt es weitere Daten (auch räumliche Daten (GIS-Daten)), welche von Bedeutung sein könnten (etwa Lokalisierung von Grundwasseraufstösse)?

Wünschenswerte Daten

- Besteht Bedarf für weitere systematisch erhobene Daten?
- Braucht es ein «Frühwarnsystem» wie etwa für Hochwasser?
- Braucht es (Interventions-) Grenzwerte (auch zur Legitimierung von Massnahmen)?

Weitere? ...

Organismen

Auswirkungen durch Hitze und Trockenheit auf Organismen im Hochrhein und dessen Zuflüsse

- Welche Fischarten waren 2003 und 2018 von Hitze und Trockenheit betroffen? Auf welche Arten waren Schutzmassnahmen ausgerichtet?
- Welche Fischarten sind mittel- / langfristig schützenswert im Zusammenhang mit Hitze und Trockenheit?
- Neben Fischen: Sind Auswirkungen von der Gewässererwärmung auf andere Organismen oder Organismengruppen erkannt bzw. werden diesbezüglich Massnahmen ergriffen? Wäre dies notwendig?
- Hat die Entwicklung der Wassertemperaturen Auswirkungen auf das fischereiliche Management / die Besatzpraxis? Inwiefern? Wie sind die natürlichen Populationen dadurch betroffen?

- Können Schutzmassnahmen bei anderen Organismengruppen die Resilienz der Fischpopulation gegenüber Hitze und Trockenheit verbessern?

Weitere? ...

Einflussfaktoren auf Wassertemperatur

Anthropogener Wärmeeintrag in Oberflächengewässer und den Hochrhein

Thermische Nutzung von Oberflächengewässer

- Liegen Daten zu Anlagen zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässer vor?
- Gibt es kantonale Konzepte zur Bewilligungspraxis von Anlagen zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässer oder sind solche geplant?
- Wird die Einhaltung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte für den Wärmeeintrag in Oberflächengewässer und Grundwasser (etwa durch Industrie / AKW / Untertagebau) kontrolliert?

Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung

- Liegen Daten zur thermischen Belastung der Oberflächengewässer durch Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung vor?
- Gibt es Potentialabschätzungen zur Wärmenutzung aus Abwasser o.ä.?

Erwärmung der Gewässer durch Veränderungen im Einzugsgebiet, Landnutzung, Wasserbauliche Tätigkeiten

- Ist das Thema Temperaturhaushalt von Gewässern beim Wasserbau genügend berücksichtigt? Besteht hier Handlungsbedarf?
- Gibt es Studien / Prognosen zur Veränderung in der Landnutzung / Versiegelung von Oberflächen?

Wasserentnahmen

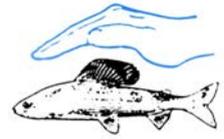
- Gibt es Daten zur Wasserentnahme zu Bewässerungszwecken (GIS-Daten)?
- Besteht Handlungsbedarf bezüglich der Bewilligungspraxis von Bewässerung während Trockenheit bzw. Optimierungspotential von den Bewässerungsmethoden?
- Gibt es Managementkonzepte für die Ressource Wasser auf Einzugsgebietebene?

Weitere? ...

ANHANG B

Fragen Experteninterview





Inputpapier «Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen»



Projektbeschreibung

Mit den zunehmenden Klimaveränderungen hat der Bund das Pilotprogramm «Anpassungen an den Klimawandel» ins Leben gerufen, welches in der 2. Programmphase (2018–2022) innovative Projekte zur Anpassung an den Klimawandel in Kantonen, Regionen und Gemeinden fördert.

2003 und 2018 fanden in der Schweiz extreme Hitze- und Trockenheitsereignisse statt, die vielerorts und insbesondere am Hochrhein für die Schweizer Fischfauna gravierende Auswirkungen hatten. Ziel des Projekts «Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen» ist das Verfassen einer best-practice-Arbeitshilfe, welche die Sicherung, Zusammenstellung und Publikation von bisherigen Erfahrungen beinhaltet, die für die Planung und Umsetzung von Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen benötigt werden. Damit soll zukünftig eine praxisorientierte Wegleitung zur Verfügung stehen, welche allen Akteuren (kantonale Fischereibehörde; Wasserbau; lokale Fischereivereine etc.) die Möglichkeit für eine schnelle und wirkungsvolle Massnahmenumsetzung bietet.

In einer ersten Projektphase wurden die Fischerei- und Gewässerfachstellen der Anrainerkantone Schaffhausen, Thurgau, Zürich, Aargau, Basel-Landschaft und Basel-Stadt, die alle auch als Projektpartner dieses Projekt unterstützen, nach ihren Erfahrungen bei Hitzeereignissen (insbesondere der Jahre 2003 und 2018) und umgesetzten Massnahmen befragt. Parallel dazu wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um möglichst alle relevanten und verfügbaren Kenntnisse zusammenzutragen.

In einer zweiten Projektphase sollen Fachexperten aus unterschiedlichen, aber themenrelevanten Fachbereichen zu möglichen Hitzeschutzmassnahmen für Fische befragt werden. Dieses Inputpapier bildet eine kurze Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse und soll als Leitfaden für die kommende Telefonbefragung dienen.

Erkenntnisse aus der Literatur

Hitzeereignisse werden als mindestens fünf Tage lange Zeitabschnitte mit einer täglichen Luft-Höchsttemperatur von über 30° C definiert.

Wassertemperaturerhöhungen haben einerseits direkte Effekte auf aquatische Organismen wie erhöhtes Wasserpflanzen- und Phytobenthoswachstum, insbesondere von Blaualgen, veränderten Entwicklungszeiten oder Abbruch des Ruhestadiums von Wasserwirbellosen sowie eine Veränderung der Lebensgemeinschaften usw. Andererseits können indirekte Auswirkungen durch die Veränderung der abiotischen Eigenschaften des Wassers auftreten. Die Sauerstoffsättigung sinkt mit steigender Temperatur, während gleichzeitig der Sauerstoffbedarf aquatischer Organismen durch beschleunigte Stoffwechselprozesse steigt. Für Fische kritische Sauerstoffkonzentrationen liegen bei 3-4 mg/l. Ammonium kann in Abhängigkeit von pH und Temperatur zu Ammoniak umgewandelt werden, das auf Fische toxisch wirkt.

Auswirkungen auf Fische

Fische reagieren art- und individuenspezifisch auf Temperaturen, die ausserhalb ihres Temperaturtoleranzbereichs liegen. Für obligate Kaltwasserarten wie Bachforellen oder Äschen können Temperaturen über 25° C bereits letale Auswirkungen haben (Langford 1990; Lessard and Hayes 2003).

- Immunsystem:

Mit der erhöhten Stoffwechselaktivität nimmt der Sauerstoff- und Nahrungsbedarf zu und eine beschleunigte Atmung kann zur vermehrten Aufnahme von Schadstoffen führen. Hitzestress lässt sich am veränderten Blutbild von Fischen erkennen. Liegen die Temperaturen ausserhalb des Optimalbereichs, nehmen die Leuko- und Lymphozytenzahlen ab, wodurch das Immunsystem geschwächt wird (Oidtman 1994) und Krankheitserreger geschwächte Tiere infizieren können (Graham & Harrod 2009).

- Reproduktion:

Ebenso können Einflüsse auf die Reproduktion von verschiedenen Fischarten beobachtet werden (Lahnsteiner 2012). Erhöhte Wassertemperaturen während der Vorlaichzeit führen zu einem verzögerten Ablaichen bei der Bachforelle bzw. verfrühtem Ablaichen bei der Äsche, sowie erniedrigter Spermien- und Eiqualität. Bei Flussbarschen ist nur die Reifung der Eier von der Temperatur beeinflusst, die Reifung der Spermien verläuft unabhängig der Wassertemperatur. Elritzen profitieren aufgrund eines weit gestreckten Temperaturfensters von einer Zunahme der Wassertemperatur. Generell ist insbesondere die Embryonalentwicklung empfindlich gegenüber plötzlichen Temperaturerhöhungen, da der Stoffwechsel noch nicht angepasst werden kann. So kann die Entwicklungsrate verringert, der Prozentsatz an geschlüpften Larven reduziert und der Anteil missgebildeter Larven erhöht werden. Bei Bachforellen ist die Embryonalentwicklung bei >11° gestört. Embryonen der Äschen tolerieren <13°, Barschembryonen <18°, Elritzenembryonen <24°.

- Verhalten:

Mobile Organismen suchen stets günstige Gewässerbereiche bezüglich der Temperatur auf (thermale Refugien), um ihre Körperfunktionen aufrechtzuerhalten. Aufgrund der Beeinflussung des Migrationsverhaltens, wandern Tiere bei ungünstigen Temperaturen ab. Solche Temperaturblockaden können bereits bei Temperaturerhöhungen von 3-4° über dem bevorzugten Temperaturbereich vorkommen (Coutant 1999). Für Bachforellen wird gemäss einer Modellstudie in der Schweiz eine Lebensraumreduktion von 6% bei einer Lufttemperaturerhöhung von 1° C bzw. 44% bei 5° C bis 2050 prognostiziert, was vermutlich zum Verschwinden der Bachforelle aus dem Mittelland führen wird (Notter 2009).

Erkenntnisse aus der Befragung der Projektpartner

Die bilateralen Besprechungen mit den Projektpartnern aus Fischereifachstellen der Anrainerkantone hatten zum Zweck, die im jeweiligen Kanton umgesetzten Massnahmen am Hochrhein in Zusammenhang mit Hitze- und Trockenheitsereignissen in den Jahren 2003 und 2018 aufzunehmen.

- Kanton Thurgau:

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Thurgau und Schaffhausen grosse Fischsterben (insbesondere Äschen). Es wurden insgesamt 7 Massnahmen im Mündungsbereich von Zuflüssen umgesetzt (Ausbaggerungen mit Beschattungen und Betretungsverbot). Der Kanton Thurgau arbeitet im Rahmen des Äschennotfallkonzeptes eng mit dem Kanton Schaffhausen zusammen. Bei Hitzeereignissen (wenn die definierten Schwellenwerte überschritten werden), findet eine Krisensitzung mit den beteiligten Akteuren (Fischereiaufsicht der Kantone Schaffhausen und Thurgau, Präsident des Fischereiverbandes und Vertreter des KW Schaffhausen) statt, die Massnahmen koordinieren. Viele freiwillige Helfer (v.a. Fischer und Fischereivereine, die viele Ideen mit einbringen), setzen die Massnahmen um. Massnahmen, welche in Handarbeit durchgeführt werden, benötigen keine Bewilligung. Bei Bedarf können Bewilligungen kurzfristig beim Amt für Umwelt unkompliziert eingeholt werden. Die Benutzung von Ölsperren zum Wasseraufstau und Abdeckungen als ergänzende Massnahmen haben sich im Sommer 2018 bewährt. Weitere bauliche Massnahmen an Mündungen wären hilfreich. Es herrscht ein ganzjähriges Fangverbot der Äsche. Generell ist die Zusammenarbeit zwischen den Fischereifachstellen der Kantone Thurgau und Schaffhausen sehr eng: So koordiniert P. Wasem (Fischereiaufseher Kt. SH) die Massnahmen bei Hitzeereignissen, während M. Müller (Fischereiaufseher Kt. TG) die Massnahmen zum Schutz vor Prädatoren überwacht. Es werden derzeit benötigte Materialien (Abdeckplanen, Schaufelradbelüfter etc.) angeschafft und für den zukünftigen Einsatz vorbereitet. Die Finanzierung erfolgt über die Unterhaltskonzepte für Bäche, den Ökostromfonds des KW Schaffhausen und aus Eigenleistungen der Fischereivereine. Ein Kantonaler Trockenheitsstab wird durch das Amt für Bevölkerungsschutz geleitet. Bei den wöchentlichen Treffen sitzen alle Ämter bei und es können Inputs zu Massnahmen eingebracht werden. Es gilt als Organ zur Informationsvermittlung an die Bevölkerung. Im Jahr 2003 hatte sich gezeigt, dass Wasserentnahmen aus Oberfläc-

hengewässern zwecks landwirtschaftlicher Bewässerung problematisch sein können. Der Kanton kann daher bei Trockenheitsereignissen Entnahmen aus den Oberflächengewässern sistieren (mit Ausnahme des Rheins und des Bodensees).

- Kanton Schaffhausen:

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Schaffhausen und Thurgau grosse Fischsterben (insbesondere Äschen). 2018 wurden 3 grosse Massnahmen (in den Mündungsbereichen von Durach, Biber und Hemishoferbach) sowie mehrere kleinere Massnahmen in Form von Ausbaggerungen im Mündungsbereich von Seitengewässern durchgeführt, die jeweils mit Beschattungsmassnahmen (u.a. als Prädationsschutz) und Betretungsverboten ergänzt wurden. Beim Rheinfeld wurden Bereiche mit Grundwasseraustritten ebenfalls mit Beschattungsmassnahmen und Betretungsverbot ausgestattet. Zusätzlich konnte ein Fangmoratorium für Äschen erlangt werden. Für Äschen bewährt sich eine «gebrochene» Wasseroberfläche, da diese als Deckungsstruktur dient. Mittels Schaufelradbelüfter, die das Wasser auch mit Sauerstoff anreichern können, konnten solche Massnahmen umgesetzt werden. Die landwirtschaftliche Bewässerung stellt ebenfalls ein Problem dar. Im Kanton Schaffhausen ist die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern für die Landwirtschaft nur aus der Biber erlaubt. Probleme bestehen im Einzugsgebiet der Biber. Diese ist kanalisiert, kaum beschattet sowie Nährstoff- und Pestizid belastet. Ein Äschennotfallkonzept regelt die Zuständigkeiten und Massnahmen für Äschen im Rhein und den Zuflüssen. Das Notfallkonzept wird in Kraft gesetzt, sobald vorgegebene Schwellenwerte überschritten werden. Die Massnahmen können innerhalb von 48h umgesetzt werden. Es braucht keine zusätzlichen Bewilligungen. Finanziert werden die Massnahmen durch einen Fond, der von Fischereivereinen, dem Fond für Rheinäschen und kantonalen Finanzen getragen wird. Ausserdem finanziert das KW Schaffhausen durch den Ökostromfond fischereibiologische Massnahmen. Längerfristig soll die Biber von Bewässerungsentnahmen befreit werden. Es besteht die Idee im Mündungsbereich eine Pumpe für den Notfall zu installieren um kaltes Grundwasser in den Unterlauf einzuleiten.

- Kanton Zürich:

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Zürich grosse Fischsterben (insbesondere Äschen). 2018 fand eine enge Zusammenarbeit mit den Kantonen Schaffhausen und Thurgau statt. Im Sommer 2018 bestanden Konflikte mit der Erholungsnutzung durch Badenende in Bereichen mit kalten Hangwasseraufstössen bei Ellikon (Chuetränki), die von Äschen als thermale Refugien genutzt werden. Mobile Absperrungen haben sich dagegen als wirksames Mittel erwiesen, Informationstafeln alleine konnte die gewünschte Wirkung nicht erzielen und wurden schlicht ignoriert. Ein wasserbauliches Projekt soll Kaltwasserzonen mittels Umlenkbuhen im Hauptgerinne sichern. Grundwasseraufstösse bestehen nur bei Dachsen und Ellikon. Das neue Äschen-Fangmoratorium gilt auch für die Deutsche Rheinseite. Im Kanton gibt es einen Krisenstab «Trockenheit», bei dem auch das Amt für Landschaft und Natur ALN des Kantons Zürich (und somit auch die Fischereifachstelle) beteiligt ist, allerdings werden ökologische Anliegen zweitrangig behandelt.

- Kanton Aargau:

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Aargau kein Fischsterben. Es wurden insgesamt 3 Massnahmen in Form von Ausbaggerungen an Bachmündungen ausgeführt. Die Bewilligungen dafür können vom Wasserbau und den Kraftwerken unproblematisch im Rahmen des Unterhalts erlangt werden. Die Erarbeitung eines Notfallkonzeptes zusammen mit den Kantonen St. Gallen und Zürich steht in Planung. Grundsätzlich werden längerfristige Massnahmen zur Lebensraumaufwertung- und Beschattung geplant. Notabfischungen finden nur statt, wenn keine Verbesserung der Wetterlage in Aussicht steht. Wasserentnahmen zu Bewässerungszwecken werden sistiert, wenn der Abfluss unter das Q₃₄₇ fällt. Norbert Kräuchi (Abteilungsleiter Landschaft und Gewässer) hat den «Runden Tisch Trockenheit Gewässer (RTTG)» ins Leben gerufen, bestehend aus NGOs (Pro Natura, BirdLife etc.), Fischereiverband und kantonalen Fachstellen. Dieser tagt regelmässig und bespricht umgesetzte Massnahmen sowie deren Einzug ins geplante Notfallkonzept.

- Kanton Basel-Landschaft:

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Basel-Landschaft kein Fischsterben. Der Krisenstab kann ein Badeverbot an der Birs erlassen, das durch die Polizei kontrolliert wird. Es wurden keine weiteren Massnahmen vorgenommen. Viele Fische wurden in den kühleren Seitenbächen beobachtet. Der Rhein wies im Sommer 2018 eine ca. 3° C höhere Wassertemperatur als z.B. die Birs auf. Langfristig sollen bauliche Massnahmen zur Strukturierung der Gewässer für tiefere Gewässerbereiche sorgen.

- Kanton Basel-Stadt:

In den Jahren 2003 und 2018 gab es im Rheinabschnitt des Kantons Basel-Stadt kein Fischsterben. An der Wiese und der Birs, den beiden Hauptzuflüssen des Rheins auf dem Gebiet des Kantons Basel-Stadt, wurde ein Badeverbot erlassen, das durch die Polizei kontrolliert wurde. Das Badeverbot an der Birs wurde in Zusammenarbeit mit dem Kanton Basel-Landschaft durchgeführt. Im Bereich der Stadt Basel gibt es zahlreiche Fassungen zum Zweck der thermischen Nutzung, insbesondere der Kühlnutzung von Gebäudekomplexen. Seit der Änderung der Gewässerschutzverordnung ist es möglich, Ausnahmegewilligungen für die Kühlnutzung zu erteilen, auch wenn die Wassertemperatur im betroffenen Gewässer >25° C beträgt. Der Einfluss von thermischen Nutzungen wird im Rhein messtechnisch erfasst. Negative Einflüsse konnten aber auch im Hitzesommer 2018 nicht nachgewiesen werden. Die Stadt verfügt über eine Strategie zur thermischen Nutzung von Grundwasser. Im Stadgebiet ist die Temperatur des Grundwassers im Sommer ca. 2° C höher als im Umland.

Fragenkatalog

Massnahmen

- 1) Welche (Not-) Massnahmen zum Fischschutz vor Hitze sind Ihnen (aus dem In- und Ausland) bekannt? Kurzfristige / langfristige Massnahmen?
- 2) Wie sind die Erfahrungen mit solchen Massnahmen?
- 3) Die Fischereifachstellen der Kantone haben im Sommer 2018 unterschiedliche Massnahmen zum Schutz der wärmeempfindlichen Fische getroffen. Wie schätzen Sie die Wirksamkeit dieser (oben im Text beschriebenen) Massnahmen ein?
- 4) Gibt es unterschiedlich wirksame Schutzmassnahmen für verschiedene Fischarten?
- 5) Wie kann die Wirksamkeit von Massnahmen schonend überprüft werden?
- 6) Wie wird im Wasserbau die zunehmende Erwärmung der Gewässer berücksichtigt? Wie können kurzfristige / langfristige Massnahmen aussehen?
- 7) Wie könnte dem Zielkonflikt zwischen dem Wunsch nach verbesserter Zugänglichkeit von Gewässern (Erholungsaspekt) und verstärkter Bestockung (Beschattung, Deckung) bei HWS-Projekten und Revitalisierungen begegnet werden?
- 8) Stellt das Einleiten von Grundwasser oder sogar Trinkwasser in Gewässer zu Kühlzwecken bei Hitzeereignissen eine grundsätzlich zulässige Massnahme dar, die verbreitet zur Anwendung kommen sollten? Falls ja, weshalb? Falls nein, weshalb nicht?
- 9) Sind Massnahmen in den Einzugsgebieten der Seitengewässer geeignet, um eine Wirkung im Hauptgewässer zu erzielen? Und wenn ja, welche Massnahmen schätzen Sie als zielführend ein?
- 10) Wie hoch dürfen die Aufwendungen für Massnahmen zum Schutz von wärmeempfindlichen Fischarten bei Hitzeereignissen sein, bevor man sich mit dem Verschwinden der wärmeempfindlichen Arten und einer Veränderung der Fischartenzusammensetzung arrangieren muss? Wie steht es dabei um die Verhältnismässigkeit?
- 11) Wie können durch Massnahmen betroffene Parteien (Fischer, Landwirte, Erholungssuchende, Industrie, ARA etc.) erreicht und von deren Wichtigkeit überzeugt werden?

Fische / aquatische Organismen

- 12) Welche Fischarten sind insbesondere von Hitze und Trockenheit betroffen?
- 13) Welche anderen aquatischen Organismen sind insbesondere von Hitze und Trockenheit betroffen?
- 14) Wie wird sich die Artenzusammensetzung der Fischfauna verändern? Inwiefern kann dies überhaupt beeinflusst werden?

- 15) Wie und auf welche anderen Organismen können Schutzmassnahmen ebenfalls ausgerichtet werden?

Temperatur

- 16) Wie und wo sollte das Temperaturmessnetz ausgebaut werden? Welche Parameter bieten die Grundlagen um reagieren zu können (Abfluss, Pegel, Temperatur, Sauerstoffsättigung, pH, Leitfähigkeit)?
- 17) Wie würde ein geeigneter Kriterienkatalog bezüglich Temperatur und weiteren Parametern (Grenzwerte) aussehen, um die Ausführung von Massnahmen auszulösen? Wäre die gestaffelte Ausführung von Massnahmen sinnvoll? Bei welchen Gewässern?

Nutzung

- 18) Wie könnte der negative Einfluss der thermischen Nutzung reduziert werden?
- 19) Wie könnte der negative Einfluss der Siedlungsentwässerung reduziert werden?
- 20) Wie können die Einflüsse von Wasserentnahmen und somit ihre Auswirkung auf den Temperaturhaushalt von Fliessgewässern besser koordiniert werden? Ist ein Nutzungsverzicht bzw. Entnahmestopp zielführend? Ist ein EZG-Management notwendig?

Allgemein

- 21) Wo besteht Ihrer Meinung nach dringender Forschungsbedarf?
- 22) Welche weiteren wichtigen Aspekte können noch genannt werden?

AquaPlus, 10.4.2019

ANHANG C

Auswertung Experteninterview



Frage 1 (Massnahmen)	Welche (Not-) Massnahmen zum Fischschutz vor Hitze sind Ihnen (aus dem In- und Ausland) bekannt? Kurzfristige/langfristige Massnahmen?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Kennt keine weiteren Notmassnahmen. Notabfischungen werden häufig angewandt, auch bei Trockenheit.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Kurzfristige: Baggern, Beschattung, Vernetzung, Fischgängigkeit wiederherstellen; Langfristige: Grundlagenbeschaffung, Thermalscans
Experte 5	Abfischen und Zwischenhälterung, Beschattung, Einschränkung der Wassernutzung
Experte 6	Greifensee: Seit 2009 Belüftung im Sommer ca. Mitte Juli–Mitte September um künstliches Fischrefugium zu schaffen. O ₂ -Mangel in Schichten über 20 °C; 2012: Viele Felchen und Forellen gehen in belüftete Bereiche; 1999: Grosses Fischsterben → kein O ₂ in Schichten wärmer als 20 °C; 2018 wurde mit der Belüftung später gestartet, da die Bedingungen lange gut waren, Belüftung von Aug–Okt.
Experte 7	Kennt keine weiteren Massnahmen. Auch im Ausland keine Massnahmen ausser Abfischungen bekannt. Kurzfristige Feuerwehrrübungen sind eine Möglichkeit, sicherlich besser als zuzuschauen. Eine Schwierigkeit besteht darin diese Massnahmen neutral beurteilen zu können. Wie beurteilt man den Erfolg? Der Transport von Fischen ist auch nicht förderlich. Langfristige Massnahmen wären jedoch viel wichtiger wie die Anbindung von Seitengewässern (Verbesserung Vernetzungsgrad), Beschattung, Verzicht auf Bewässerungsentnahmen etc. Eine Chance bieten kleine Bäche mit Grundwasseraufstössen; 80% der Seitengewässer sind heute nicht angebunden. Das Problem besteht schon lange, seit der Erhebung der Ökomorphologie bekannt, allerdings wurde wenig verbessert. Bewässerungsentnahmen sollten langfristig eingeschränkt werden; Fische benötigen ein Temperaturrefugium. Thur: Im Winter befinden sich Schwärme vor den Binnenkanälen, können Temperaturrefugien wahrnehmen, allerdings sind Fische dann sehr verletzlich → Prädatoren erkennen Aufenthaltsorte von Fischen schnell; Badeverbot wird als wichtige Massnahme beurteilt; Man weiss wenig darüber wie weit Fische in die Seitenbäche hineingehen. Austausch Thur und deren Seitenkanäle, da diese total unterschiedliche Temperaturregime aufweisen; Einzelne Fische werden geeignete Temperaturbereiche auffinden und überleben → Anpassung
Experte 8	Kurzfristig: Bisherige Massnahmen (vgl. Massnahmen am Rhein in SH/TG), Baggerungen, Beschattungen; Langfristige: Bauliche Massnahmen
Experte 9	Notmassnahmen nur kurzfristig wirksam, langfristig ist wahrscheinlich der Trend nicht umkehrbar; Trinkwassernutzung bei Trockenheit sehr hoch → Konsequenzen für bzw. Auswirkungen auf Grundwasser, Landwirtschaft, ARA sind nicht bekannt; Trinkwasser in CH nicht limitiert → Notmassnahmen nicht ausreichend → Wassernutzung ist zwingend zu koordinieren
Zusammenfassung	Von den Experten werden keine neuen Massnahmen genannt. Als kurzfristige Massnahmen werden ebenfalls Abfischungen, Beschattungen, Ausbaggerungen, Einschränkung der Wassernutzung (thermisch und zur Bewässerung) und Belüftung aufgeführt. Weiter wird von einigen Experten auf die Wichtigkeit der Vernetzung hingewiesen. Diesbezüglich besteht in vielen Regionen Verbesserungspotenzial. Auch sind sich die Experten einig, dass langfristige Massnahmen nötig sind, welche auch auf eine breite Informationsgrundlage zu den lokalen Verhältnissen gestützt sind. Hier werden unter anderem Thermalscans, bauliche Massnahmen und die Verbesserung des Vernetzungsgrads angeführt.

Frage 2 (Massnahmen)	Wie sind die Erfahrungen mit solchen Massnahmen?
Experte 1	k.A.
Experte 2	k.A.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Bekannte Notmassnahmen scheinen erfolgreich zu sein, aber es gibt zu wenige Studien, z.B. Erfolgskontrollen zu Thermalrefugien; Evtl. «Maison de la rivière» fragen (Thema Beschattung)
Experte 5	k.A.
Experte 6	2012 wurden Echolotaufnahmen durchgeführt. In den ersten Jahren wurden regelmässige Tiefenprofile und O ₂ gemessen. Monitoring wird präventiv betrieben.
Experte 7	Über Rettungsaktionen weiss man zu wenig, es müssen die positiven und negativen Aspekte angeschaut werden. Invasive Arten und Krankheiten stellen ebenfalls ein Problem dar; Man muss sich gewisse Fragen stellen: Bringen Rettungsaktionen was? Wieviel Aufwand soll betrieben werden? Will man überhaupt noch Fische aussetzen?
Experte 8	Stützt sich auf die Aussagen von Samuel Gründler: Es hat viel gebracht!
Experte 9	Langfristig kaum aufzuhalten; Stauhaltungen sind ein Problem bei der Erhitzung → führen zu Erwärmung
Zusammenfassung	Zwei Experten berichten von Erfolgen. Experte 8 zeigt sich pessimistisch, dass die Einflüsse längerfristig nicht aufzuhalten sind und Experte 4 merkt an, dass viel zu wenig über Rettungsaktionen bekannt ist. Weiter stellen bei solchen Aktionen auch Krankheiten und invasive Arten ein Problem dar. Folgende Fragen wurden angeregt: Bringen Rettungsaktionen etwas? Wieviel Aufwand soll betrieben werden? Und will man überhaupt noch Fische aussetzen? Weiter wurde auf Maison de la rivière verwiesen.

Frage 3 (Massnahmen)	Die Fischereifachstellen der Kantone haben im Sommer 2018 unterschiedliche Massnahmen zum Schutz der wärmeempfindlichen Fische getroffen. Wie schätzen Sie die Wirksamkeit dieser (oben im Text beschriebenen) Massnahmen ein?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Der Vorteil der Fischereifachstellen war, dass mit Sämi Gründler immer jemand vor Ort war, der bereits Erfahrungen hatte aus dem Hitzesommer 2003. Die Anbindung von Seitenbächen, Aushebung von tieferen Wasserzonen haben Wirkung gezeigt. Es sind weniger Äschen gestorben. Die heutigen Rheinäschen konnten sich womöglich gewissermassen bereits an die veränderten Temperaturen genetisch anpassen (5. Generation). Äschen waren im letzten Sommer weniger empfindlich gegenüber Hitze.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Hilfreich als Notmassnahmen, der Erfolg ist aber stark von der weiteren Entwicklung abhängig; Gut ist die Zusammenarbeit der Kantone; Vernetzung der (Seiten-)Gewässer ist wichtig; Kältepunkte (Exfiltration von Grundwasser) in grossen Gewässern (evtl. Diego Tonolla fragen)
Experte 5	k.A.
Experte 6	Lokal wirksame Massnahmen. Grundlagen über Abfluss und Temperaturmessungen sollten detaillierter erarbeitet werden.
Experte 7	k.A.
Experte 8	Die Massnahmen in SH/TG sind generell wirksam gewesen. Befischungsverbote müssen besser kommuniziert werden. Fischer verstehen das Problem, Jugendliche und Familien aber nicht. Generell ist die Öffentlichkeitsarbeit sehr wichtig (siehe Bsp. Krisenstab: Kommunikation sehr wichtig!)
Experte 9	Hat Gerücht gehört: Einfangen von Fischen hat zu Ausfällen geführt
Zusammenfassung	Die getroffenen Massnahmen werden generell als wirksam bewertet, insbesondere die Vernetzung der Seitengewässer. Zudem wird von Experte 3 vermutet, dass sich die Äschen bereits etwas an die höheren Temperaturen anpassen konnten. Von Experte 9 wird weiter angemerkt, dass Öffentlichkeitsarbeit sehr wichtig ist, damit die Bevölkerung die getroffenen Massnahmen auch versteht und sich daran hält.

Frage 4 (Massnahmen)	<i>Gibt es unterschiedlich wirksame Schutzmassnahmen für verschiedene Fischarten?</i>
Experte 1	k.A.
Experte 2	Fische mit unterschiedlichen Vorlieben. Im Fokus müssen die sauerstoffliebenden Arten (Bachforellen, Äschen) stehen, um diese im Mittelland zu erhalten. Bachforellen fressen >15 °C nicht, >18 °C letal. Der Effekt des Verschwindens von wärmeempfindlichen Arten soll mit Massnahmen verzögert werden, um eine genetische Anpassung zu ermöglichen.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Kurzfristig: Berner Fachhochschule hat statistische Prognosen erarbeitet; Frühwarnsystem (bezogen auf Fischarten, Regionen) aufbauen; Daten von Meteoschweiz könnten hilfreich für Frühwarnsystem sein; siehe Artikel: Temperaturmonitoring, Aqua Gas 12/2018
Experte 5	k.A.
Experte 6	k.A.
Experte 7	Für die Bachforelle besteht noch Hoffnung. BF bewegen sich weniger wenn gestresst. Mögen jedoch einiges ertragen bis 29 °C in gewissen Gewässern. Für die Äsche sieht es schwieriger aus. Die Lebensräume werden sich reduzieren und da sie nicht in kleine Gewässer einsteigen, sie wird sich jedoch auch halten können. Ein Fangverbot wie in Zürich wäre sicherlich hilfreich.
Experte 8	Problemfische: Äsche, Forelle. Ja, es gibt unterschiedlich wirksame Massnahmen. Auch sind bestimmt andere Massnahmen für Barben etc. nötig
Experte 9	Fänge sollten nicht gemacht werden → Stress für die Fische
Zusammenfassung	Hier gehen die Antworten etwas auseinander. Zwar nennen 3 Experten die (Bach-)Forellen und Äschen als besonders schutzbedürftig, die Vorschläge gehen jedoch auseinander. Von Experte 2 wird auf eine Studie der Berner Fachhochschule zu statistischen Prognosen verwiesen und die Erarbeitung eines Frühwarnsystems vorgeschlagen (siehe auch Artikel Temperaturmonitoring in Aqua Gas 12/2018). Experte 3 schlägt vor mit Massnahmen die Wärmeanpassung der Arten zu ermöglichen. Experte 4 und 8 schlagen beide ein Fangverbot vor. Konkrete Vorschläge werden jedoch keine gemacht.

Frage 5 (Massnahmen)	Wie kann die Wirksamkeit von Massnahmen schonend überprüft werden?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Besondere Fische in einem langfristigen Monitoring beobachten (Antennen) damit mehr über die Wanderrouten in Erfahrung gebracht werden kann. Es besteht grosser Forschungsbedarf. Die KW's können einbezogen werden um Antennen aufzustellen. Für Salmoniden gelten Elektrofischfanggeräte als schonende Massnahme.
Experte 3	k.A.
Experte 4	«Maison de la rivière» fragen: Die haben Fischzählgeräte installiert
Experte 5	k.A.
Experte 6	Erhebung Fischdaten → Grundlagen Fangstatistik. Durchführung von längerfristigen Erfolgskontrollen, um ein Verständnis für die Entwicklung des Fischbestands zu generieren.
Experte 7	Den Erfolg zu überprüfen ist schwierig. Es wäre wichtig das gesamte Gewässersystem anzuschauen und die Möglichkeiten der Ausdehnung zu beurteilen. Mittels Kamera kann immerhin ein Eindruck verschafft werden, keine quantitative Beurteilung.
Experte 8	Eine Erfolgskontrolle ist absolut notwendig → gezieltes Beobachten! Kostenrelevant: Citizen Science wäre günstig, auch Fischereivereine leisten viel Fronarbeit; Erfolgskontrolle muss nicht zwingend «Hochwissenschaftlich» sein, dafür aber flächendeckend! Grundlagen und Anleitung für Erfolgskontrollen erarbeiten und bereitstellen! Einfache Schulung, evtl. FIBER-Kurs
Experte 9	Fischerei verbieten
Zusammenfassung	Experte 4 zweifelt an, dass der Erfolg einfach überprüft werden kann. Er führt an, dass es viel wichtiger wäre über das ganze Gewässersystem mehr Informationen zu haben. Jedoch könnte Mittels einer Kamera ein Eindruck verschafft werden. Zwei Experten erwähnen Fischzählgeräte (zusätzliche Informationen bei Maison de la riviere einholen). Weiter werden auch Fangstatistiken als Mittel aufgeführt von Experte 1. Dass die Überprüfung langfristig und flächendeckend sein soll, darin sind sich die Experten jedoch einig. Von Experte 9 wird auch eine einfache Schulung (z.B. FIBER-Kurs) zur breiten Vermittlung der Grundlagen vorgeschlagen.

Frage 6 (Massnahmen)	Wie wird im Wasserbau die zunehmende Erwärmung der Gewässer berücksichtigt? Wie können kurzfristige/langfristige Massnahmen aussehen?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Projekt an der Fachhochschule Burgdorf (Masterarbeit) da heute im Wasserbaustudium Niederwasserrinne und Beschattung kaum behandelt werden. Erwärmung und Trockenheit werden kaum als Themen angesprochen. Dies muss jedoch unbedingt berücksichtigt werden in zukünftigen Wasserbauprojekten. Im Kanton Aargau werden verschiedene Revitalisierungsprojekte bzgl. des Faktors Trockenheit/Hitze angeschaut (gelungen, verbesserungsfähig, Projekt in Planung, nicht gelungenes Projekt).
Experte 3	Hitzeschutz in den Wasserbauprojekten ist immer ein Thema: Bau von Niederwasserrinnen, vielfältigen Gewässerstrukturen (Kolken), Bestockungen). Geht einher mit den generellen ökologischen Anliegen bezüglich der Gestaltung der Gewässer. Hitzeschutzmassnahmen und Ökologie ergänzen sich da ja bzw. stehen nicht im Widerspruch zueinander. An der Wiese ist eine Revitalisierung geplant. Hier wurde die Sonneneinstrahlung modelliert, um z.B. die Bestockungen und Strukturen im Gewässer zu optimieren. Es zeigt sich, dass nur mit einem einfachen Gehölzgürtel teilweise keine ausreichende Beschattung erzielt werden kann (Mittagszeit). Evtl. braucht es umfassendere Massnahmen (z.B. Waldstreifen zu Lasten der Landwirtschaft).
Experte 4	Naturnahe Gewässerstrukturen (z.B. Beschattung) fördern; Studie Glatt: Vergleiche der Beschattung >2 m vs. <2 m, überhängende Vegetation vs. Topografie; Bericht von «Maison de la rivière»
Experte 5	Beschattung, Trockenwetterrinne (NW-Rinne), Gewässervertiefungen, Kolken
Experte 6	Bezüglich der Morphologie wird die Erwärmung berücksichtigt indem Niederwasserrinnen geplant und umgesetzt werden. Die Beschattung soll möglichst grosszügig sein, steht allerdings oft im Zielkonflikt mit Naturschutz, da Makrophyten keine Beschattung vorziehen. Schwierigkeit einen Konsens zu finden; Die Glatt kommt schon warm aus dem See, nur schwache Beschattung vorhanden. Eine dichtere Beschattung wirkt hier kaum. Insbesondere bei kleinen Fliessgewässern ist die Beschattung ein grosses Thema. Die Thematik ist bei der Fachstelle sehr gross.
Experte 7	k.A.
Experte 8	Ph. Sicher ist in diversen Begleitgruppen eingesessen und ist noch nicht zufrieden → Leider hat der Erholungswert bei solchen Projekten immernoch Priorität; Aspekte der Fischerei müssen höher gewichtet werden, SFV versucht zu sensibilisieren! Störungsfreie Zonen sind für Fische wichtig!
Experte 9	Revitalisierungen, Aufwertungen & Hochwasserschutz: Begriffe werden oft missverstanden → z.B. sollen nicht die Niedrigwasserrinnen aufgeweitet werden, sondern der Gewässerraum! Weiter ist die Strukturvielfalt zu fördern; Planer/Ingenieure belehren, deren Bewusstsein für Problematik stärken! Wert der Refugien steht und fällt mit der Temperatur des Zuflusses → Bsp. Wiese: bis zu 29 °C warm; auch andere Stressoren (z.B. Wasserqualität) aus (Teil-)EZG berücksichtigen
Zusammenfassung	Bei den Massnahmen sind sich die Experten weitgehend einig: Niedrigwasserrinnen, Kolke und Beschattung werden aufgeführt. Als problematisch werden aber diverse Punkte aufgeführt. Angefangen damit, dass laut Experte 3 im Wasserbaustudium Erwärmung und Trockenheit kaum als Thema angesprochen werden. Weiter stehen die Massnahmen oft im Konflikt mit anderen Aspekten: Erholungsnutzung, Landwirtschaft (ausreichend breite Beschattung) und Naturschutz (Makrophyten bevorzugen Licht). Weiter wird angeführt, dass die vorgeschlagenen Massnahmen nur begrenzt etwas bewirken, wenn der Zufluss bereits stark erwärmt ist.

Frage 7 (Massnahmen)	Wie könnte dem Zielkonflikt zwischen dem Wunsch nach verbesserter Zugänglichkeit von Gewässern (Erholungsaspekt) und verstärkter Bestockung (Beschattung, Deckung) bei HWS-Projekten und Revitalisierungen begegnet werden?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Revitalisierungsprojekte können als erfolgreich erachtet werden wenn mehr Leute sich am Gewässer aufhalten. Natürlich kann dies auch kontraproduktiv auf die Organismen wirken. Es ist wichtig die Leute zu sensibilisieren mittels Besucherlenkung. Gewisse Orte schützen vor Nutzungsdruck, gewisse Orte für Leute zugänglich machen. Mit der dichten Bestockung bei Kolken wird die Zugänglichkeit reduziert → Schutz der Fische vor Badenden.
Experte 3	Bezüglich Bestockung und Erholungsnutzung haben Sie die Erfahrung gemacht, dass auch von Erholungssuchenden grundsätzlich eine Bestockung erwünscht ist. Diese wollen auch im Schatten sitzen können. Es braucht dann aber eine andere Form der Bestockung. Wird in Bereichen zugunsten der Erholungsnutzung die Bestockung minimiert, muss man allenfalls schauen, dass da die Sturkturen entsprechend sind, um einer übermässigen Erwärmung entgegen zu wirken (z.B. schnellfliessende Rinnen, Kolke).
Experte 4	Übergeordnete Planung: Kältereservate bilden, Besucherlenkung! Leider fehlen Grundlagen; Differenzierung: Schützenswerte Arten? Schutzmöglichkeiten in Gewässern? Wo gibt es Grundwasseraufstösse in Gewässern?
Experte 5	Spezifische Bereiche für unterschiedliche Zielgruppen/Interessen: Z.B Hundebesitzer, Erholungssuchende etc. (z.B. Sozialstudie an der Birs über Renaturierungen); Informationstafeln sind informativ, Lerneffekt, Öffentlichkeitsarbeit. Allerdings am Rhein sehr gross und eher Beeinträchtigung des Landschaftsbildes
Experte 6	Zielkonflikt soll innerhalb des Projekts gelöst werden. Bei der Revitalisierung Glatt in Opfikon war dies ein grosses Thema. Gebiete mit guter Zugänglichkeit sollen von Gebieten mit Vorrang Natur entflochten werden. Die Beschattung steht im Fokus bei der Planung der Bereiche, die der Natur überlassen werden. Im Rahmen der Projektentwicklung sollen auch Picknick- und Badeplätze generiert werden.
Experte 7	Nutzungskonflikt. Grundsätzlich wird zu wenig revitalisiert. Die Leute würden sich besser verteilen bei mehreren Möglichkeiten. Besucherlenkung: Badende befinden sich oft dort wo parkiert werden kann. Badeverbot wäre eine sinnvolle Schutzmassnahme. In Rhohe-Thur-Projekt wurde der Konflikt zwischen Revitalisierung und Badende bereits genau angeschaut.
Experte 8	Zonierung ist wichtig: Zonen mit Betretungsverbot einrichten, Zugänglichkeit steuern! Information/Kommunikation intensivieren; Leider sind Informationstafeln aber nur begrenzt wirksam
Experte 9	Priorität soll bei der Natur liegen, es kann nicht sein, dass der Mensch immer im Vordergrund steht! Beschränkungen bei Revitalisierungen (oder bei problematischen Gewässern); Zonen ohne Störung schaffen; Mit Informationen wir das von der Bevölkerung auch akzeptiert
Zusammenfassung	Auch hier sind sich die Experten in einem Punkt einig: Durch gezielte Besucherlenkung können die Zielkonflikte entschärft werden. Und durch eine gezielte Sensibilisierung der Besucher (z.B. mit Informationstafeln) kann dies weiter unterstützt werden. Es sollen bewusst Zonen geschaffen werden, die nicht betreten werden dürfen (und evtl. zusätzlich Badeverbote). Auch kann bei Revitalisierungen darauf geachtet werden, dass in Zonen wo die Beschattung verringert wird (damit Besucher Zugang erhalten) durch Massnahmen im Gerinne (z.B. schnell fliessende Abschnitte, Kolke) die übermässige Erwärmung an dieser Stelle verhindert wird.

Frage 8 (Massnahmen)	Stellt das Einleiten von Grundwasser oder sogar Trinkwasser in Gewässer zu Kühlzwecken bei Hitzeereignissen eine grundsätzlich zulässige Massnahme dar, die verbreitet zur Anwendung kommen sollten? Falls ja, weshalb? Falls nein, weshalb nicht?
Experte 1	Es gibt Interaktionen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer. Grundwasser kann exfiltrieren und dann kältere Zonen im Gewässer bilden. Man weiss aber nicht, wo solche allenfalls kühlere Zonen liegen. Hängt auch stark mit den jeweiligen Abflüssen und auch möglicherweise mit der Grundwassernutzung zusammen. Das Erfassen von solchen Zonen dürfte auch nicht ganz einfach sein, weil diverse Interaktionen bestehen und die Effekte unter Umständen sehr kleinräumig ausfallen dürften oder auch nicht immer auftreten. Einleitung von Trink- oder Grundwasser sieht er nicht als Option. Die Mengen die eingeleitet werden könnten, erachtet er als viel zu gering, als dass das einen nennenswerten Effekt haben könnte (Wirksamkeit wird bezweifelt). Trinkwasser kommt zudem häufig auch aus Quellen. Eine Einleitung ist hier ohnehin keine Option, da dadurch der Quellüberlauf verringert wird und das Wasser dann im Oberlauf fehlt.
Experte 2	Ja, sollte zulässig sein. Führt sicherlich zu Zielkonflikten, aber wo möglich sollen langfristig Grundwasserzonen angebunden werden können, da dies besser wirksam ist als kurzfristige Notmassnahmen. Kurzfristige Notmassnahmen mit kühlem Wasser sollten aber möglich sein.
Experte 3	Bezüglich Einleiten von Grundwasser ins Gewässer: Bevor Fische sterben, ist die Massnahme sicher sinnvoll, solange sie nicht in Konflikt mit der Trinkwassernutzung steht. Aktiv wurde dies aber in BS noch nicht gemacht. Am Offenbach kühlt Trinkwasser, welches verworfen werden muss, den Bach. In Hitzesommer brauchen aber alle viel Wasser. Seiner Meinung nach müsste man hier die Leute mehr anhalten zum Wassersparen. Evtl. kommt man allerdings in Begründungsnotstand: Leute sollen für die Fische sparen. Allerdings kann man hier argumentieren, dass die Fische ja nichts dagegen tun können als es passiv zu ertragen. Wir können jedoch handeln (seine persönliche Meinung). Generell muss man die Leute mehr sensibilisieren für das Thema.
Experte 4	Sinnvoll im weiteren Sinn (siehe Arbeit von Jens Zollhöfer); Quellen: Nahezu alle Quellen gefasst, wenige Quellen natürlich, Quellfassungen entziehen dem Oberflächengewässer Kühlung! Quellrevitalisierungen durchführen! Entsprechend könnte man sagen, dass eine «künstliche Einleitung von Quellwasser» den natürlichen Zustand wieder herstellt; Generell wurde der Zustand der Quellen und natürlicher Gewässer schon stark verändert
Experte 5	Eher keine Nutzung von Grund- und Trinkwasser. Im Notfall, ja; Die Mischung bietet unnatürliche Verhältnisse im Gewässer; Ziel/Wunsch wäre die Regionalisierung der Wasserversorgung und Zentralisierung der Wasserentsorgung ARA mit generalisierter Behandlung → Zentrale Kläranlage; Nur noch Wasserentsorgung/versorgung in/durch Aare und Rhein, Quellen schliessen; Zusammenschluss von Talschaften wäre möglich, jedoch ziehen die Gemeinden nicht am selben Strang und jede will "ihr" Wasser für sich behalten. Es soll keine Privatisierung wie im Ausland passieren; Dies müsste im Rahmen des kantonalen Richtplans erreicht werden. Wasser wurde bereits als Element aufgenommen. Bisher jedoch Wasserversorgung dezentralisiert organisiert.
Experte 6	Nicht vorstellbar das die Einleitung von Grund- und Trinkwasser eine langfristige Möglichkeit bietet. Kaum in relevanten Mengen vorhanden. Nicht bekannt, dass Grundwasser gepumpt und eingeleitet wird.
Experte 7	Grundwasseraufstösse sind sehr wichtig. Am Colombia-River: Lachse sind gestresst bei Wärme. Sie wandern zwar noch, brauchen danach aber eine lange Erholungszeit in Refugien/Kaltwasserrefugien; Grundwasseraufstösse sind wichtig bei Revitalisierungsprojekten. Können wasserbaulich gefördert werden, allerdings gibt es auch natürliche Versickerungen. Daher müssen bei Wasserbauprojekten unbedingt Grundwasserfachpersonen einbezogen werden. Kolmation ist oftmals ein Problem; Beim Rhone-Thur-Projekt wurden Temperaturmodelle erstellt und es konnte gezeigt werden, dass Revitalisierungen keinen Einfluss auf die Temperatur haben, im Gegenteil: Es wurden mehr Grundwasseraufstösse verbunden.
Experte 8	Kritische Frage: Eine Einleitung von Grundwasser/Trinkwasser ist fallspezifisch abzuklären und auf jeden Fall gut abzuwiegen, da sehr heikel! Grundsätzlich ist eine Einleitung von Grundwasser/Trinkwasser nützlich; Problem: Es besteht ein grosser Zielkonflikt; Kommunikation ist sehr wichtig! Es muss ein Konzept erarbeitet werden! Ob Grundwasser/Trinkwasser verfügbar ist oder eingeleitet werden kann, ist abhängig von EZG- bzw. ortsspezifischen Faktoren
Experte 9	Ja, als (Not-)Massnahme, wenn der Wassermangel anthropogen verursacht ist, nur kurzfristig; Langfristig ist dies keine Lösung; Wassernutzung bei Bevölkerung evtl. einschränken (z.B. Verbot von Rasenbewässerung etc.)
Zusammenfassung	Hier gehen die Meinungen der Experten sehr stark auseinander. Sie reichen von nein, keine Option, zu ja, aber nur kurzfristig oder ja, aber eher als langfristige Massnahme, oder grundsätzlich ja. Die Experten 1 und 6, welche dies nicht als Option sehen, bezweifeln, dass die Mengen ausreichend sein würden. Auch ein Einspeisen von Quellwasser sieht Experte 6 als problematisch, da dadurch der Quellüberlauf verringert wird und das Wasser dann im Oberlauf fehlt. Experte 7, welcher eine Nutzung nur im Notfall für sinnvoll erachtet führt an, dass durch die Einleitung unnatürliche Verhältnisse im Gewässer entstehen. Er ist der Meinung, dass eine Regionalisierung der Wasserversorgung und Zentralisierung der Wasserentsorgung hier zielführender wäre. Auch Experte 8 erachtet eine Einleitung nur im Notfall für sinnvoll und nur wenn der Wassermangel anthropogen verursacht ist. Langfristig sollte viel eher die Wassernutzung bei der Bevölkerung eingeschränkt werden. Auch die Antwort von Experte 5 und 9 zielt in eine ähnliche Richtung. Grundwasser soll eingeleitet werden, bevor es zu Fischsterben kommt, jedoch besteht die Gefahr eines Konflikts mit der Trinkwassernutzung. Auch hier soll eine Sensibilisierung der Bevölkerung helfen. Es wird zudem bereits Trinkwasser, welches verworfen werden muss zum Kühlen eines Gewässers verwendet. Ob Grundwasser/Trinkwasser verfügbar ist, ist zudem abhängig von EZG- bzw. ortsspezifischen Faktoren. Die Antworten der Experten 2, 3 und 4 zielen eher auf langfristige Massnahmen ab. Eine Einleitung wird grundsätzlich als sinnvoll erachtet. Dabei sollten aber besser Grundwasserzonen langfristig angebunden werden (Berücksichtigung bei Revitalisierungsprojekten, Kolmation wird hier jedoch als Problem aufgeführt). Auch können Quellrevitalisierungen dies unterstützen, da so der natürliche Zustand wieder hergestellt wird.

Frage 9 (Massnahmen)	<i>Sind Massnahmen in den Einzugsgebieten der Seitengewässer geeignet, um eine Wirkung im Hauptgewässer zu erzielen? Und wenn ja, welche Massnahmen schätzen Sie als zielführend ein?</i>
Experte 1	k.A.
Experte 2	Die Fischgängigkeit muss gewährleistet werden, daher ist eine Anbindung der Seitengewässer mit dem Hauptgewässer besonders wichtig. Die wichtigen (guten) Gewässer sollen identifiziert werden, auch in den Seitengewässern Niederwasserrinne und tiefere Bereiche schaffen.
Experte 3	An der Wiese ist eine Revitalisierung geplant. Hier wurde die Sonneneinstrahlung modelliert, um z.B. die Bestockungen und Strukturen im Gewässer zu optimieren. Es zeigt sich, dass nur mit einem einfachen Gehölzgürtel teilweise keine ausreichende Beschattung erzielt werden kann (Mittagszeit). Ev. braucht es umfassendere Massnahmen (z.B. Waldstreifen zu Lasten der Landwirtschaft) (Bereits in Antwort zu Frage 6).
Experte 4	Artikel von Armin Peter (Aqua Gas 7 oder 8/2018): Kleine Bäche, grosse Wirkung; Temperaturmonitoring in Seitengewässern durchführen; Massnahmen an Seitengewässern sind sehr wichtig
Experte 5	GEP. Kleine Seitengewässer werden dabei immer angeschaut, sollen als «Fluchtraum» geöffnet werden. Wiederherstellung der Vernetzung; Vertiefungen in Seitenbächen erstellen, wenn diese potentiell geeignet sind.
Experte 6	Durchgängigkeit wird als sehr wichtig erachtet. Vernetzung muss wiederhergestellt werden um Fischen eine Möglichkeit zum Ausweichen zu bieten. Die Mündungsbereiche solcher Seitengewässer sind sehr wichtig.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Renaturieren und zwar richtig! Feuchtgebiete wiederherstellen (Moore, Sümpfe) wegen Wasserhaushalt, Wasserspeicher wiederherstellen, Vernetzung von wiederhergestellten Feuchtgebieten mit dem Grundwasser
Zusammenfassung	Als zielführende Massnahme wird von allen die Wiederherstellung der Vernetzung genannt. Dabei sollen die Seitengewässer als Fluchtraum genutzt werden können. In den Seitengewässern sollen dann zusätzlich auch Massnahmen wie die Schaffung von Vertiefungen getroffen werden. Von Experte 8 wird auch eine allgemeine Renaturierung von Feuchtgebieten vorgeschlagen um Wasserspeicher wiederherzustellen und eine Vernetzung der Feuchtgebiete mit dem Grundwasser zu erreichen. Von Experte 2 wird zudem auf den Artikel von Armin Peter (Aqua Gas 7 oder 8/2018) verwiesen.

Frage 10 (Massnahmen)	Wie hoch dürfen die Aufwendungen für Massnahmen zum Schutz von wärmeempfindlichen Fischarten bei Hitzeereignissen sein, bevor man sich mit dem Verschwinden der wärmeempfindlichen Arten und einer Veränderung der Fischartenzusammensetzung arrangieren muss? Wie steht es dabei um die Verhältnismässigkeit?
Experte 1	Grundsätzlich soll man Massnahmen ergreifen. Es hängt jedoch auch davon ab wie häufig wir zukünftig mit Hitzeperioden konfrontiert werden. Er ist jedoch der Meinung, dass man die Entwicklung nicht aufhalten kann. Wenn man von 4–5 °C Erwärmung ausgeht, können die Massnahmen langfristig nicht greifen und eine Veränderung der Lebensgemeinschaft muss man wohl akzeptieren. Es wäre dann ja auch ein künstliches System, das man da generiert.
Experte 2	Bisher soll so weitergefahren werden wie bisher mit der Durchführung von Notmassnahmen, damit das Aussterben von wärmeempfindlichen Arten im Mittelland um 10–20 Jahre herausgezögert werden kann, so dass lokale Anpassungen der Fische ermöglicht werden können. Der Wasserbau muss auf den Parameter Trockenheit/Hitzeereignisse ausgerichtet werden. Bei gewissen Revitalisierungsprojekten sind Nachbesserungen notwendig z.B im Rahmen des Unterhalts Totholz befestigen. Die Fischereivereine sollten einbezogen werden (Fischer schaffen Lebensräume), damit wird der Aufwand auch tragbar.
Experte 3	Grundsätzlich ist er der Meinung, dass die heutige Fischpopulation erhalten werden muss/soll und nicht einfach ein Wechsel der Artzusammensetzung aufgrund der Erwärmung akzeptiert werden soll. Aber sicher stellt sich irgendeinmal die Frage nach dem Kosten/Nutzen Verhältnis.
Experte 4	Massnahmen sind so lange wie möglich durchzuführen. Verzögerungen der Veränderungen kann Luft für Lösungen geben; Es kann nicht unendlich Quellwasser gespeist werden
Experte 5	Richtlinien der GSchV müssen mittelfristig eingehalten werden: Abwasserbehandlung und Retention. Erstellen von Vollzugskonzept mit Potential und Zielen. Dies steht erst am Anfang: Regenwasser wird von Schmutzwasser getrennt (zu 30%); jedoch nur 3% Versickerung im Boden. Wenn das Wasser nicht getrennt wird, bei der direkten Rückgabe ins Gewässer, geht es verloren. Um der vermehrten Trockenheit entgegenzuwirken, soll das Regenwasser länger im EZG verbleiben. Potential dafür wäre vorhanden. Planer sollen die "Begrünung" und Gewässer mit in die Gestaltung einbeziehen.
Experte 6	Spezifische Förderung einzelner Arten ist schwierig. Es sollten grundsätzliche Verbesserungen bei den Gewässern erfolgen, damit diese stabiler auf Störungen wie Verschmutzungen, Temperaturerhöhungen etc. reagieren können. Eher kritisch für einzelne Arten viel Geld einzusetzen. Die Bestandesentwicklung muss im Auge behalten werden. Viele Tiere von Störungen betroffen.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Kurzfristige Massnahmen: Wenn motivierte Menschen dies machen wollen, ist dies OK; Wichtiger sind langfristige Massnahmen: Revitalisierung, Finanzierung von Massnahmen in EZG; Gute Gewässerüberwachung der Kantone nötig; Wissen zu Niedrigwasserverhältnissen ist wenig vorhanden; Forschung zu Niedrigwasser ist zu fördern, ist heute kaum vorhanden; Monokausale Klimaursache durchbrechen; Viele Ursachen spielen eine Rolle, nicht nur das Klima; Niederschlagsmengen immernoch gleichbleibend
Zusammenfassung	Es werden keine konkreten Aussagen gemacht, aber die Verhältnismässigkeit spielt eine wichtige Rolle. Grundlegende Massnahmen werden auch hier in den Vordergrund gestellt, nicht unbedingt artspezifischer Schutz. Eine Verzögerung der Veränderungen durch gezielte Massnahmen kann jedoch die Möglichkeit geben, geeignete Lösungen zu finden oder eine Anpassung der Fische zu ermöglichen. Von Experte 3 wird als kostenscho-nende Massnahme die Nachbesserung von bestehenden Revitalisierungsprojekten (z.B. durch Totholz) vorgeschlagen. Von Experte 6 wird angemerkt, dass ab einer Erhöhung um 4–5 °C eine Veränderung der Lebensgemeinschaft nicht aufzuhalten ist und diese auch akzeptiert werden soll, da sonst ein künstliches System generiert wird. Experte 7 verweist auf die Richtlinien der GSchV und dass es wichtig ist, Regenwasser durch gezielte Massnahmen länger im EZG zu behalten. Von Experte 8 wird zudem noch angemerkt, dass auch andere Faktoren, nicht nur das Klima eine Ursache spielen und berücksichtigt werden sollten.

Frage 11 (Massnahmen)	Wie können durch Massnahmen betroffene Parteien (Fischer, Landwirte, Erholungssuchende, Industrie, ARA etc.) erreicht und von deren Wichtigkeit überzeugt werden?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Betroffene zu Beteiligten machen! Einladung zu Workshops (Gemeinde, Landwirte etc.) um gemeinsam den Wasserbau auf den Lebensraum Fische auszurichten (Teilprojekt A). Teilprojekt B: Sense → alle Betroffene einladen. Teilprojekt C: Ergolz → Akteure einladen (Landwirte, ARA etc.). Bei konkreten Projekten müssen die Leute einbezogen werden, damit sie selber zum Botschafter des Projektes werden. Auch negative Aspekte sollen abgelichtet werden.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Gemäss M. Schaffner (ex. BAFU) ein grosses Problem; Fische/Fischerei wirtschaftlich nicht wichtig; Nutzen von Fischen/Wasserlebewesen einfach erklären (auf Schulniveau); «Ökosystemdienstleistung» ist ein wichtiger Begriff! Übergeordnet: Werteverständnis der Gesellschaft muss sich ändern!
Experte 5	Information von Betroffenen: ARA mit wissenschaftlichen Berichten abholen, Erholungssuchende mit Informationstafeln erreichen. Landwirte erreicht man indem direkt mit ihnen gesprochen wird → Betroffene involvieren. In BL hat man Bauern an einem Pestizidprojekt beteiligt, bei welchem sie auch die Mehrheit ausmachten. Damit konnten gute Erfahrungen gemacht werden.
Experte 6	Information vor Ort. Medien nutzen um Informationen zu verbreiten. Medien sind oftmals zugänglich für News. Durch den direkten Austausch kann Verständnis geschaffen werden. Auch Bauernverband hinzuziehen. Hat oftmals ein anderes Verständnis von Natur: Eingedolte Gewässer besser, da diese kühl sind.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Wirkungskontrollen: Temperaturmessungen, Effekte auf Fauna, Wirkung von Einleitungen (z.B. ARA etc.). Bemerkung: Bei ARA-Sanierung werden Fische als Indikator nicht berücksichtigt; Verbreitung durch Medien (inkl. soziale Medien, was viel Potenzial hat); Problem: Mangelnde Verbreitung!
Zusammenfassung	Betroffene sollen miteinbezogen werden. Dazu gibt es viele Möglichkeiten: Information vor Ort, durch Medien, Workshops, Miteinbezug bei Projekten (insbesondere Landwirtschaft), etc. Experte 5 gibt jedoch zu bedenken, dass es ein Problem darstellt, dass die Fische/Fischerei wirtschaftlich nicht wichtig sind. Der Nutzen von Fischen und Wasserlebewesen allgemein sollte einfach dargestellt werden. Ein wichtiges Stichwort ist auch Ökosystemdienstleistung.

Frage 12 (Fische/aquatische Organismen)	Welche Fischarten sind insbesondere von Hitze und Trockenheit betroffen?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Sauerstoffliebende Arten: Bachforelle, Äsche
Experte 3	k.A.
Experte 4	k.A.
Experte 5	k.A.
Experte 6	k.A.
Experte 7	Forellen, Äsche, Strömer und Groppe wobei die Groppe sich zu helfen weiss und sich weiter Richtung Grundwasser bewegt. Sie können bis 1m ins Interstitial hineingehen. Sie ist daher nicht ganz so empfindlich wie andere Arten. Strömer halten sich nicht gerne in warmen Bächen auf, er ist auch in der Thur zurückgegangen. Sommertemperaturen von >20 °C werden von Groppen gemieden.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Kalt-stenotherme Arten; Cypriniden profitieren
Zusammenfassung	Kalt-stenotherme und sauerstoffliebende Arten: (Bach-) Forelle, Äsche, Strömer und Groppe, wobei die Groppen weitgehend ausweichen können indem sie bis zu 1m ins Interstitial hineingehen (Aussage Experte 4). Cypriniden profitieren.

Frage 13 (Fische/aquatische Organismen)	Welche anderen aquatischen Organismen sind insbesondere von Hitze und Trockenheit betroffen?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Pestizideinträge bei Insekten ein Problem. Evtl. weitere Probleme durch Temperatur?
Experte 3	k.A.
Experte 4	k.A.
Experte 5	k.A.
Experte 6	Makrozoobenthos: Es konnte beobachtet werden, dass Gewässer, die nur wenig Wasser führen, ständig stets eine gute Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften vorweisen (Larvenstadien gut vertreten Dorfbach Maur). Wenn Gewässer trockenfallen ist dies das k.o.-Kriterium. Anfrage bei BAFU für Studie um herauszufinden wie lange es dauert bis sich der Bestand erholen kann bei trockenfallenden Bächen (Bsp. Landbach). Die oberliegenden Gebiete sind relevant. Keine Angaben über Bestandesdichten, jedoch über Artenspektrum.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Alle Arten, die von Fischen abhängen; Verringerung der produktiven Flächen in Gewässern
Zusammenfassung	Von Experte 1 wird der Makrozoobenthos genannt. Es konnte beobachtet werden, dass Niedrigwasser kein grosses Problem darstellt, Austrocknen aber verheerend ist. Es ist dazu beim BAFU eine Anfrage zu einer Studie hängig, wie schnell sich die entsprechenden Gewässer wieder erholen können. Zudem haben auch Steinkrebs-Bäche gelitten. Experte 8 nennt alle Arten, welche von Fischen abhängig sind, da die produktive Fläche im Gewässer verringert wird. Experte 3 nennt weiter Pestizideinträge bei Insekten als Problem.

Frage 14 (Fische/aquatische Organismen)	Wie wird sich die Artenzusammensetzung der Fischfauna verändern? Inwiefern kann dies überhaupt beeinflusst werden?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Sauerstoffliebende Arten stehen unter Druck. In der Sense bei Plaffeien ist die Bachforelle natürlicherweise verschwunden. Es gibt viel Totholz, jedoch ist die Temperatur zu hoch und PKD wird zu einem immer grösser werdenden Problem. Oberhalb Plaffeien wird noch Besatz gemacht, da kann sich die Bachforelle noch ein wenig halten. Barben und Alet nehmen zunehmend die Bachforellen-Lebensräume ein. Allenfalls müssen sich die Fischer auch anpassen?
Experte 3	k.A.
Experte 4	k.A.
Experte 5	k.A.
Experte 6	Sensible Arten Bachforelle/Felchen/Äschen stehen zunehmend unter Druck → gefährdete Arten
Experte 7	Die Artenzusammensetzung wird sich verändern, aber nicht so wie Notter (2009) dies prognostiziert hat. Bachforellen werden sich im Mittelland halten können. Lokal werden sich angepasste Lokalpopulationen ausbilden. Bachforelle ist nicht gleich Bachforelle → Anpassungsmöglichkeit wäre vorhanden. Daher sollte mit der Bewirtschaftung nicht zu viel eingegriffen werden, damit genetische Anpassungen nicht verloren gehen. Es finden Veränderungen in der Artenzusammensetzung statt. Cypriniden profitieren. Die Nase profitiert. Deren Bestände nehmen zu. In der Thur beobachtete man einen Rückgang und dann wieder einen Anstieg → heute: Hohe Dichten. Sie wandern auch in den Rhein ein → tiefere Bereiche. Insbesondere junge Nasen profitieren von warmen Temperaturen. Auch Rotaugen profitieren → massive Bestände in Thur bei stabilen Abflussverhältnissen. Von den Profiteuren sollte auch gesprochen werden! Bsp. Thur: Im Sommer gibt es keine Bachforellen, im Winter sind jedoch vereinzelt Tiere vorhanden, die in den Seitenkanälen sich aufhielten. Die Mündungen von Seitenkanälen sind sehr wichtig → Fische wissen wohin sie gehen.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Temperaturtolerante Arten breiten sich aus → dies wird sich auch mit kurzfristigen Massnahmen nicht ändern!
Zusammenfassung	Die Artzusammensetzung wird sich ändern, sensible Arten werden verdrängt/ziehen sich zurück. Von Experte 3 werden Barben und Alet genannt, welche zunehmend die Lebensräume der Bachforellen einnehmen. Experte 4 äussert sich ausführlicher zu der Frage. Er ist der Meinung, dass sich die Artenzusammensetzung zwar ändern wird, aber nicht so, wie dies von Notter (2009) prognostiziert wurde. Die Bachforelle wird sich halten können und es werden sich lokal angepasste Populationen bilden. Hier ist es auch wichtig, dass diese Anpassungen durch bewirtschaftung nicht verloren gehen. Profitieren werden die Cypriniden. Die Bestände der Nase haben beispielsweise in der Thur zugenommen. Insbesondere junge Nasen profitieren von warmen Temperaturen. Auch Rotaugen profitieren von den erhöhten Temperaturen. Experte 4 findet es wichtig, dass auch von den Profiteuren gesprochen wird.

Frage 15 (Fische/aquatische Organismen)	Wie und auf welche anderen Organismen können Schutzmassnahmen ebenfalls ausgerichtet werden?
Experte 1	k.A.
Experte 2	k.A.
Experte 3	k.A.
Experte 4	k.A.
Experte 5	k.A.
Experte 6	Schutzmassnahmen für Fische sind auch für MZB wirksam. Für die Kommunikation sind Fische sehr wirksam, da sie eine Leitfunktion aufweisen; Steinkrebs-Bäche haben gelitten, stehen auch unter Druck durch Hitzeereignisse. Grundsätzlich aber weniger empfindlich (in Gebieten mit grösserer Beschattung). (Steinkrebse bereits in Frage 13 eingebaut)
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Vögel, Insekten → im Prinzip die ganze Nahrungskette
Zusammenfassung	Die Schutzmassnahmen sollten grundsätzlich auf die gesamte Nahrungskette ausgeweitet werden. Laut Experte profitiert von den Schutzmassnahmen für Fische auch der Makrozoobenthos.

Frage 16 (Temperatur)	Wie und wo sollte das Temperaturmessnetz ausgebaut werden? Welche Parameter bieten die Grundlagen um reagieren zu können (Abfluss, Pegel, Temperatur, Sauerstoffsättigung, pH, Leitfähigkeit)?
Experte 1	Bezüglich Hitzeschutz für Fische wäre grundsätzlich das Wissen um solche Zonen wünschenswert, evtl. könnte man dann in diesen Gebieten spezifischer Schutzmassnahmen ergreifen (Forschungsbedarf, Temperaturmessnetz).
Experte 2	Die Fischer könnten eingesetzt werden (Citizen science). Diese mit Material ausrüsten, das am Handy angeschlossen werden kann und hochgeladen wird. Damit könnten längerfristige Temperaturmonitorings durchgeführt werden. Verschiedene Daten mit Bestandenserhebungsdaten verknüpfen. Baselland führt seit 2003 alle 2 Jahre Bestandenserhebungen durch und verknüpft diese mit Temperatur-/Klimadaten und Wasserführung im Rahmen einer Masterarbeit. Bei einer guten Datengrundlage sind Korrelationen besser ersichtlich.
Experte 3	Es bestehen Ideen bezüglich Drohnen Wärmebilder zu erstellen, um mehr Kenntnisse über die Temperaturverteilung in den Gewässern zu erlangen oder ob allfällige Massnahmen (z.B. Kolke) Wirkung entfalten. Aber das sind erst erste Ideen.
Experte 4	Das Messnetz sollte repräsentativ werden: 1) Messnetz muss Fragen beantworten können; 2) Auswahl der Stationen muss repräsentativ sein; Monitoring von Seen sehr wichtig (siehe Artikel Aqua Gas: Monitoring Seen); Seen: Probleme mit Durchmischung, Seen kippen; Monitoring von Seen aufbauen; Parameter: Einfache Parameter (Abfluss, Pegel, Temperatur) für Flüsse, für Seen könnte Sauerstoffsättigung über die Temperaturprofile hergeleitet werden, Eichpunkte durch Chemie; Homogenität der Daten gewährleisten! Datenqualität (Abklärung mit Fachhochschule Bern); Vorgehen für Messung von Temperatur in kleinen Fließgewässern wird verbreitet (Empfehlungen vom BAFU); Fragen wurden an Fachleute der Kantone gestellt; Es gibt einen Bericht (Englisch) zu Seen
Experte 5	Unterhalb von Einleitsystem: Siedlungen, Mischwasser- und Regenwassereinleitungen; Regen nach langer Trockenheit führt zu hydraulischem Stress im Gewässer. Dies könnte durch ein Trennsystem und Retention reduziert werden. Z.B. >1.5 °C Temperaturanstieg im Gewässer gelten als Grund für die Nichteinhaltung des Gewässerschutzes → Massnahmen müssen eingeleitet werden; Marin Hauser (Leiter Oberflächengewässer) kennt Details zu den Wasserentnahmen aus den Gewässern für die Landwirtschaft. Es sind Messpegel aufgestellt, die ein Entnahmeverbot bewirken können.
Experte 6	Im Rahmen der Biologischen und Chemischen Monitoring wurden auch Temperaturlogger seit letztem Jahr eingesetzt um Tagesgangkurven zu erhalten. Dies geschieht bei verschiedenen Stellen über das ganze Jahr, auch an kleinen Bächen. Das Messsystem ist ausbaufähig, könnte z.B. auf spezifische Bäche, die für Fische von Bedeutung sind angewandt werden; BAFU: Bundesmessstellen für Abfluss und Temperatur als Indikator für Fischerei ergänzen. Das Know-How wäre vorhanden. O ₂ , pH, Leitfähigkeit von untergeordneter Bedeutung.
Experte 7	
Experte 8	k.A.
Experte 9	Kantonsspezifisch: Kanton AG hat gute Grundlagen (gutes Bsp.); alle anderen Kantone sind diesbezüglich defizitär; Hydrologie und Temperatur sind sehr wichtig! BAFU muss Messnetz verdichten!
Zusammenfassung	Temperatur und Abfluss werden als wichtigste Parameter genannt. Laut Experte 1 sind Sauerstoffsättigung, pH und Leitfähigkeit von untergeordneter Bedeutung. Ein Ausbau des Messsystems macht insbesondere in Gewässern mit Bedeutung für Fische Sinn. Dies können insbesondere auch kleine Seitengewässer sein oder das Wissen um Kaltwasserzonen. Als weitere Standorte werden von Experte 7 Orte unterhalb von Einleitstellen aufgezählt. Durch diese Messungen könnten dann auch gleich Massnahmen getroffen werden bei der Einleitung. Als Methoden zur zusätzlichen Datenerhebung wird von Experte 3 der Einsatz von Fischern als Möglichkeit angesprochen. Diese könnten in einem Citizen Science-Ansatz dafür benutzt werden um möglichst flächendeckende Temperaturmessungen vorzunehmen (Fischer werden mit Material ausgerüstet, damit sie vor Ort messen können und diese Daten gleich an einen zentralen Ort hochladen können). Von Experte 5 wird erwähnt, dass es bereits erste Ideen gibt mit Drohnen Wärmebilder zu erstellen um Kaltwasserzonen im Gewässer einfacher aufspüren zu können. Von Experte 8 wird eine Verdichtung des Messnetzes durch des BAFU gefordert. Seiner Meinung nach ist die Situation in allen Kantonen ausser dem Aargau defizitär.

Frage 17 (Temperatur)	Wie würde ein geeigneter Kriterienkatalog bezüglich Temperatur und weiteren Parametern (Grenzwerte) aussehen, um die Ausführung von Massnahmen auszulösen? Wäre die gestaffelte Ausführung von Massnahmen sinnvoll? Bei welchen Gewässern?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Ab >15 °C nicht mehr fressen, >20 °C letal (Bachforelle). Seitengewässer besser anbinden! Aus den Erfahrungen lernen und möglichst früh intervenieren anhand der langfristigen Wetterprognose. Massnahmen frühzeitig einleiten → Vorausschauende Planung
Experte 3	k.A.
Experte 4	Publikation aus USA, Frankeich (evtl. weiss Diego Tonolla bescheid); Schutz- und Nutzungsplanung für Temperatur!
Experte 5	Auf die ökologischen Ziele der GschV ansetzen. Die Wasserqualität wird nur mit "Soll"-Grenzwerten (Qualität, Morphologie, Hydrologie) festgelegt. Zwischen Ist-und Soll-Zustand Vergleiche ziehen, aufgrund deren die Massnahmenplanung angegangen werden kann.
Experte 6	Temperatur und Abfluss sind ausschlaggebend. Von grossen Flüssen stehen Daten zur Verfügung. Kritisch sind Seeausflüsse und kleine Bäche. Fischereiaufseher, die vor Ort eingreifen und Abfischungen durchführen könnten wertvolle Daten liefern. Kritische Bäche sollen in langfristigen Monitorings beobachtet werden.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Gewässerspezifisch! Differenzierung von Zwischenmassnahmen im Bereich Wassernutzung; Ursachen müssen bekannt sein; Heute wird oft abgefischt und umgesetzt → Stress
Zusammenfassung	Konkrete Vorschläge werden keine gemacht. Ein möglicher Weg könnte über die Ziele der GSchV sein. Auch sind beispielsweise von Bachforellen konkrete Temperaturgrenzen bekannt, bei welche sie nicht mehr fressen (> 15 °C) oder gar sterben (>20 °C). Um Massnahmen möglichst frühzeitig umzusetzen könnten laut Experte 3 beispielsweise langfristige Wetterprognosen zur Hilfe gezogen werden, was in einer vorausschauenden Planung und Umsetzng resultieren würde. Als kritische Gewässer werden von Experte 1 Seeausflüsse und kleine Bäche angeführt. Diese sollten möglichst in langfristigen Monitorings beobachtet werden.

Frage 18 (Nutzung)	Wie könnte der negative Einfluss der thermischen Nutzung reduziert werden?
Experte 1	Seines Wissens besteht an der Birs und am Rhein eine thermische Nutzung. Kleine Gewässer führen zu wenig Wasser für thermische Nutzung, wären aber meist kühler. Die grossen Gewässer haben genügend Wasser, sind aber meist auch wärmer. Mit der Änderung der Gewässerschutzverordnung sind Ausnahmegewilligungen möglich auch wenn die Wassertemperatur >25 °C. Generell stellt sich die Frage, ob die thermische Nutzung von Gewässern im Anbetracht der Klimaveränderung noch das richtige ist. Braucht es zukünftig Alternativen?
Experte 2	Gewässerverordnung leider nach oben angepasst → Nutzungskonflikt. Nachkühlen könnte wirksam sein oder tiefere Wasserzonen bei der Einleitung von AKW's, Lenkung des wärmeren Wassers, Vermischung verhindern. Massnahmen um warmes Wasser zurückzuhalten, zu kühlen und wieder zurückzugeben. Kann als Energie genutzt werden.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Schutz von wertvollen Gewässern
Experte 5	Mittels Technischen Massnahmen. Abkühlung durch Kreislaufbewirtschaftung (z.B. Tropenhaus Frutigen). Wasser in den Boden leiten und abkühlen lassen.
Experte 6	Thermische Nutzung: Findet nur an grösseren Fliessgewässern statt und wird sehr restriktiv gehandhabt. Limmat und Glatt sehr restriktiv. Thermische Nutzung an Seen ist weniger kritisch. Rückleitung unterhalb die Sprungschicht. Über Konzessionsvergabe steuerbar. Durch Kanton gut beeinflussbar.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Bestehende Anlagen sind zurückzubauen → Generell sollte mehr rückgebaut als ausgebaut werden! Fliessgewässer zu Kühlzwecken zu nutzen sollte verboten werden! Viel zu grosse Erwärmung erlaubt; Gesetzliche Grenzwerte nicht eng genug → 1.5 °C bei Forellengewässern, 2.5 °C bei anderen Gewässern; Vollzug nicht genügend; Kummulative Effekte; Nutzung stoppen bei Hitze/Niedrigwasser
Zusammenfassung	Von Experte 3 und 8 wird die aus ihrer Sicht viel zu hohe Grenze an erlaubter Einleittemperatur kritisiert. Entweder sollte die Nutzung komplett oder zumindest bei Hitze oder Niedrigwasser gestoppt werden oder es sollte eine Nachkühlung in Betracht gezogen werden. Auch eine Einleitung in tiefere Wasserzonen wird angesprochen. Von Experte 3 und 7 wird zudem eine Nutzung dieser Energie vorgeschlagen, beispielsweise für das Tropenhaus Frutigen (oder andere vergleichbare Einrichtungen). Auch könnte das Wasser zur Abkühlung in den Boden geleitet werden. Eine thermische Nutzung in Seen wird von Experte 1 als weniger kritisch angesehen, da die Rückleitung unterhalb der Sprungschicht erfolgen kann.

Frage 19 (Nutzung)	Wie könnte der negative Einfluss der Siedlungsentwässerung reduziert werden?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Rückhaltebecken von Strassen wäre technisch machbar. Entfernung von Drainagen um gewisse Bodenfeuchte länger zu speichern
Experte 3	k.A.
Experte 4	Meteorwasser versickern lassen, Trennsysteme installieren; Kreislauf; Grünflächen; Dezentrale Kläranlagen
Experte 5	Strategische Massnahmen: Grössere ARA's bauen, das konzentrierte Abwasser behandeln und nur in grössere Gewässer (z.B. nur Rhein und Aare) einleiten. Damit erreicht man eine bessere Wasserqualität. Regenwasser möglichst abtrennen und in den Boden führen. Regionale Wasserversorgung und -entsorgung sollen aufeinander abgestimmt werden; Mischwasser: Regen- und Schmutzwasser sind heute gemischt → es benötigt grosses Management; Neue VSA-Strategie: Gewässer betrachten und Probleme identifizieren → spezifische Massnahmen ergreifen; Regen versickert sofort im Boden bei lang anhaltender Trockenheit. Man sollte da ansetzen → Regenwassermanagement: Retention und Behandlung. Heute sind die Regelungen sehr grosszügig. Bei einem Gewitter Z1 (10x Menge wie NMQ) darf eingeleitet werden. Man könnte diese Menge reduzieren. Behandlung: Bei Mikroverunreinigungen von Strassen besteht grosser Handlungsbedarf. Bund und Gemeinde sind gefordert; Regionalisierung sehr wichtig!
Experte 6	Beim Abwasser hat der Kanton weniger Einflussmöglichkeiten. Der Wärmeeintrag vom Werdhölzli ist gross (grosse Nutzung → Abwärme abgeleitet); Winter-April: Nutzung → Entnahme grösser als Abgabe; Sommer: Abwasser darf nicht grösser als 24 °C in Limmat sein; Die rechtlichen Grundlagen sind nicht so klar; Bei kleinen Gewässer kein Wärmeeintrag. Kläranlagen keine grossen Wärmeeinträge.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Temperaturverschmutzung durch ARA → Kühlung vor Einleitung sollte möglich sein; Das natürliche Temperaturregime sollte nicht beeinflusst werden
Zusammenfassung	Hier werden verschiedene Möglichkeiten genannt: Meteorwasser versickern lassen, Rückhaltebecken bei Strassen installieren, Kühlung des Abwassers vor der Einleitung, grössere ARA's bauen, welche dann das konzentrierte Abwasser behandeln und nur in grössere Gewässer einleiten. Von Experte 7 wird noch auf die Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser hingewiesen, welche ebenfalls berücksichtigt werden sollten. Experte 1 ist der Meinung, dass Kläranlagen keine grossen Wärmeeinträge verursachen.

Frage 20 (Nutzung)	Wie können die Einflüsse von Wasserentnahmen und somit ihre Auswirkung auf den Temperaturhaushalt von Fliessgewässern besser koordiniert werden? Ist ein Nutzungsverzicht bzw. Entnahmestopp zielführend? Ist ein EZG-Management notwendig?
Experte 1	An der Ergolz gibt es eine Stelle, die im Tagesverlauf austrocknen kann. Hier wird vermutet (weiss man), dass das mit der Grundwassernutzung zusammenhängt. Es bestehen Überlegungen zur Retention von Wasser dies allerdings zu Bewässerungszwecken: Wasser für Bewässerungen im Oberlauf zurückhalten, um dann in Trockenphasen darauf zurückgreifen zu können. Als Massnahme für Fische ist dies aber keine Option, da soviel Wasser nicht bereitgestellt werden kann (riesige Retentionsvolumen), um im Bedarfsfall die Abflüsse zu erhöhen.
Experte 2	Q ₃₄₇ einhalten, Niederwasser einhalten (Norbert Kräuchi): Allenfalls andere Kulturen in der Landwirtschaft in Betracht ziehen.
Experte 3	Bezüglich Nutzungen sieht er den Handlungsbedarf insbesondere bei kleineren und mittleren Gewässer. Zuständig ist hier jedoch das Amt für Umwelt und Energie. Wenn aus dem Rhein Wasser entnommen wird, sieht er dies nicht als problematisch an. Die Entnahmemengen im Vergleich zum Niederwasserabfluss (auch bei Hitzeperioden) ist relativ klein. Entnahme aus Birs und Wiese sind jedoch problematisch. Teilweise darf heute schon in gewissen Abschnitten kein Wasser mehr entnommen werden. Hier muss die Wasserentnahme in Extremsituationen in der Konzession geregelt werden. Aber teilweise geht es hier für die Betreiber um viel Geld. Er beneidet Amt für Umwelt und Energie nicht um diese Aufgabe.
Experte 4	SNP auf EZG-Ebene, Vernetzung fördern
Experte 5	Klare Regeln und Vereinbarungen setzen. Kriterien aufstellen zur Wetterlage, Jahreszeit, Grundwasserstand etc. → Ampelsystem; Heute werden Bewilligungen nur für bestimmte Betriebe erteilt, ab einer gewissen Wasserführung können keine Entnahmen mehr vorgenommen werden. Dies wird mit Pegeln überprüft. Ein genereller Stopp kann ebenfalls erwirkt werden; Nutzungsverzicht sinnvoll. EZG-Management auch für Trinkwassernutzung sinnvoll (Kontakt Wasserversorgung: Achim Benthaus). Der Kanton hat die Chance einzugreifen für Trinkwasserkonzession → alle 30 Jahre
Experte 6	In den bestehenden Konzessionen werden Entnahmen bezüglich der Abflüsse berücksichtigt; Furtbach <215 l/s → keine Entnahme mehr. Idee die Wasserversorgung über eine Leitung von der Limmat in den Furtbach sicherzustellen; Die Konzessionen werden so festgelegt, dass der Bach nicht trocken gelegt werden kann. Notwasser für grosse Seen und Flüsse durch die Genehmigung des Gemeinderats (2003, 2015, 2018); Künftige Wasserführung abschätzen und Landwirtschaftsentnahmen festlegen.
Experte 7	Problem von RW-Strecken → Erwärmung. Bsp. Maggia: RW und Badende, die Einfluss auf Fischbestände haben könnten. Allerdings wurde 2018 kein Effekt des warmen Wassers beobachtet. Früher kam die Äsche vor, die jedoch schon lange mit der Erwärmung verschwand; Ein weiteres Problem sind invasive Arten.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Siehe Frage 18)
Zusammenfassung	Es sind klare Regeln notwendig, diese bestehen jedoch oftmals durch die vergebenen Konzessionen und Gesetze schon. Die Regeln sollten auch in Abhängigkeit von gewissen Parametern gestellt werden (Wetterlage, Jahreszeit, Grundwasserstand etc.). Experte 7 und 8 erachten ein Nutzungsverzicht als sinnvoll. Als weitere Massnahmen wird von Experte 3 ein Umdenken in der Landwirtschaft durch den Einsatz anderer Kulturen vorgeschlagen oder von Experte 6 wird die Möglichkeit von Retentionsbecken erwähnt, welche in Zeiten der Entnahme ausgleichen könnten. Diese Kapazitäten sind aber für Fische nicht ausreichend.

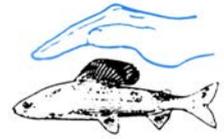
Frage 21 (Allgemein)	Wo besteht Ihrer Meinung nach dringender Forschungsbedarf?
Experte 1	k.A.
Experte 2	Wie wirken sich die zunehmenden Temperaturen auf das Verhalten der Fische aus. Wo befinden sich die Wanderrouten? Wo sind die Aufenthaltsorte? Sensibilisierung im Wasserbau um die Situation langfristig zu verbessern.
Experte 3	k.A.
Experte 4	Siehe Mail
Experte 5	Sozial und Volkswirtschaftlicher Forschungsbedarf. Regionalisierung der Wasserversorgung wie dies im Kanton NE im Jura gemacht wurde → Zusammenschluss der Gemeinden: Wasserversorgung und -entsorgung zentralisieren (Olivier Chez, Integralia hat dies begleitet)
Experte 6	Abflüsse und Temperaturmessnetz an den Gewässern. Welche fallen zuerst trocken? (Trockenwetterabflüsse) → Q ₃₄₇ neu berechnen. Entwicklung zu trockenen Wintern und trockenen Sommern → Kummulierte Effekte bei der Wasserführung und Temperatur; Makrozoobenthos: Man weiss wenig über trockene Phasen und hohe Temperaturen → Ansprüche von verschiedenen Arten sind unbekannt; Wasserbedarf Landwirtschaft muss vorausschauend geplant und kommuniziert werden.
Experte 7	Trockenheit: Teststrecken mit markierten Fischen in Vaud → Strecke fällt trocken → keine Fische da, aber sobald Wasser sind Fische wieder da; Die Dokumentation in welchen Bereichen welche Fische vorkommen soll vorangetrieben werden. Insbesondere von Bachforellen weiss man wenig. Die genetischen, lokalen Anpassungen bezüglich Wärme anschauen. Jeder Bach muss spezifisch angeschaut werden.
Experte 8	k.A.
Experte 9	NW-Situation unbekannt, Ursachenforschung für Niedrigwasser → Aufteilung der Effekte (Klima, anthropogene Ursachen etc.)
Zusammenfassung	Hier werden sehr viele Punkte genannt: Welche Gewässer fallen zuerst trocken? Welche kumulierten Effekte auf die Wasserführung hat die Entwicklung zu trockenen Wintern und trockenen Sommern? Was passiert mit Makrozoobenthos in trockenen und/oder warmen Phasen? Was sind die Ansprüche von anderen Arten? Wie wirken sich zunehmende Temperaturen auf das Verhalten der Fische aus? Wo befinden sich die Wanderrouten? Wo sind die Aufenthaltsorte? Wie kann der Wasserbau sensibilisiert werden um die Situation langfristig zu verbessern? Wie sehen die lokalen genetischen Anpassungen bezüglich Wärme aus? Wo gibt es Kaltwasserzonen? Welche sozialen und volkswirtschaftlichen Aspekte gibt es? Was sind die Ursachen von Niedrigwasser (Aufteilung in klimatische und anthropogene Ursachen)?

Frage 22 (Allgemein)	Welche weiteren wichtigen Aspekte können noch genannt werden?
Experte 1	Bezüglich Hitzeschutz für Fische wäre grundsätzlich das Wissen um solche Zonen wünschenswert, evtl. könnte man dann in diesen Gebieten spezifischer Schutzmassnahmen ergreifen (Forschungsbedarf, Temperaturmessnetz).
Experte 2	Umgang mit Medien? Dankbares Medium. Im Sommer läuft nicht viel, da wird gern über lokale Themen (Fischschutzmassnahmen) informiert. Man könnte die Massnahmen vorankündigen damit die Medien darüber berichten können. Medien müssen die real umgesetzten Massnahmen vor Ort sehen können. Der Umgang mit den Medien muss von einer engagierten Person gehandhabt werden, die bereit ist zu informieren (Sämi Gründer hat dies gut gemacht). Medien sollen für die Streuung von Informationen eingesetzt werden, als Partner einsetzen, damit viele Leute erreicht werden können.
Experte 3	Bezüglich Massnahmen im Einzugsgebiet (Revitalisierungen) stellt er fest, dass insbesondere an kleinen Gewässern diese von der Bevölkerung wenig akzeptiert werden. Die Leute verstehen die Zusammenhänge nicht. Sie verstehen nicht, dass Massnahmen an Seitengewässern auch den Hauptgewässern zugute kommen. Massnahmen an grösseren Gewässern werden von der Bevölkerung eher verstanden werden. Da wird der direkte Nutzen besser erkannt.
Experte 4	Siehe Mail
Experte 5	Triage der Wasserversorgungssysteme. Toilettenspülung braucht nicht Trinkwasserqualität. Wasser aus Leitungswasser trinken. Grauwassernutzung ist schwierig und teuer. Konzessionsvergabe nach Kriterien aufstellen. Sensibilisierung von Politik und Bevölkerung.
Experte 6	Medien: Professionelle Medienstelle welche die Kommunikation der Baudirektion im Sommer 2018 übernommen hat. Hat mit allen Fachstellen gesprochen, Situation abgeglichen und die Information gebündelt über die Medienstelle abgegeben. Regler Austausch mit Medienfachstelle. Kristenstab → Bulletin herausgegeben; Vertiefte Untersuchungen, Kommunikation mit Landwirtschaft verbessern, Information über Quellen: Wasser versiegt/Wasserfassung → wie wichtig für Wasserführung? Gewässerrevitalisierungen als gute Möglichkeiten verkaufen (Kommunikationsmittel). Erhebung von Grundlagen und langfristige Monitorings verkaufen. Solche Gelegenheiten wie Hitzeereignisse für langfristige/grosse Projekte nutzen. Werden eher akzeptiert.
Experte 7	k.A.
Experte 8	k.A.
Experte 9	Langfristige Massnahmen sehr wichtig! Erfolgchancen in kleineren Gewässern deutlich grösser als z.B. im Rhein! Die gesamte Wassernutzung in allen EZG muss bekannt sein, schweizweit! → Wissen dazu nicht oder kaum vorhanden! Daten zusammentragen!
Zusammenfassung	Die Medien werden von Experte 1 und 3 als wichtiges Mittel zur breiten Information und gezielten Kommunikation mit der Bevölkerung genannt (und es kann damit das Sommerloch sinnvoll gefüllt werden). Weiter führt Experte 1 an, dass die Kommunikation mit der Landwirtschaft verbessert werden soll und Gewässerrevitalisierungen sollen als gute Möglichkeiten/Chance verkauft werden. Hitzeereignisse können gezielt dafür eingesetzt werden, dass langfristige oder grosse Projekte eher akzeptiert werden. Experte 5 hat festgestellt, dass insbesondere an kleinen Gewässern die Akzeptanz der Bevölkerung tief ist. Der Zusammenhang mit den Hautgewässern, bei welchen der direkte Nutzen besser erkannt wird, wird nicht verstanden. Experte 7 nennt die Sensibilisierung der Politik und Bevölkerung, konkret beispielsweise dass das Leitungswasser getrunken wird, oder dass Toilettenspülung nicht Trinkwasserqualität braucht. Jedoch ist die Grauwassernutzung schwierig und teuer. Experte 8 pocht auf langfristige Massnahmen und ein Zusammentragen schweizweiter Daten zur Wassernutzung. Auch sieht er die Erfolgchance in kleinen Gewässern deutlich grösser als in grossen.

ANHANG D

Fragen Workshop





«Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen»



Workshop vom 28. Mai 2019

Ziel des Workshops

- Evaluation der bestehenden kurzfristigen und langfristigen Massnahmen für den Schutz von hitzeempfindlichen Fischarten im Hochrhein. Weiterentwicklung und Priorisierung von (Not-)Massnahmen.
- Planung und Organisation
- Vorbereitung von langfristigen Massnahmen u.a. im EZG von Seitengewässern
- Chancen und Risiken: Nutzen, Zielkonflikte, Verhältnismässigkeit
- Austausch mit Experten und Akteuren
- Ausblick für die Zukunft

Fragen

a) **Kurzfristige Notmassnahmen: Beurteilung der bisher durchgeführten Notmassnahmen:**

- Welche kurzfristigen Notmassnahmen haben sich bewährt?
- Evaluation: Wie schätzen Sie die Wirksamkeit solcher kurzfristiger Notmassnahmen ein? Wo haben sich Notmassnahmen bewährt? Welche Notmassnahmen sind wenig geeignet?
- Wie können sie verbessert/ausgebaut werden? Weiterentwicklung?
- Wie könnte die Wirksamkeit von Notmassnahmen schonend überprüft werden?

b) **Langfristige Fischschutzmassnahmen:**

- Welche langfristigen Massnahmen haben sich bewährt?
- Evaluation: Wie schätzen Sie die Wirksamkeit solcher langfristiger Massnahmen ein? Wo haben sich Massnahmen bewährt? Welche Massnahmen sind wenig geeignet?
- Wie könnte die Wirksamkeit von langfristigen Massnahmen schonend überprüft werden?
- Wie kann die Akzeptanz für solche langfristigen Massnahmen erhöht und allfällige Zielkonflikte gelöst werden?

c) **Grundlagen für die Durchführung von Massnahmen:**

- Welche Informationen/Grundlagen sind für die erfolgreiche Durchführung von Massnahmen notwendig?
- Sind generell ausreichend Informationen/Grundlagen vorhanden?
- Ist das bestehende Messnetz ausreichend? Muss es ausgebaut werden?
- EZG-Mangement: Wie können Informationen/Grundlagen genutzt werden, um die Nutzung der Ressource Wasser in Hitze- und Trockenperioden zu koordinieren?

d) **Vorbereitung und Organisation von Notmassnahmen:**

- Der Kanton Schaffhausen hat mit dem «Äschen-Notfallkonzept» das Verfahren, die Organisation, die Finanzierung, die Ausführung und die Kommunikation umfassend/detailliert festgelegt. Inwiefern lässt sich dieses Konzept als Vorbild für die anderen Anrainerkantone des Hochrheins oder anderen Regionen verwenden?

e) Konflikte / kontroverse Themen:

- Wie hoch dürfen die Aufwendungen für Massnahmen zum Schutz von wärmeempfindlichen Fischarten bei Hitzeereignissen sein, bevor man sich mit einer Veränderung der Fischartenzusammensetzung arrangieren muss? Wie steht es dabei um die Verhältnismässigkeit?
- Stellt das Einleiten von Grundwasser oder sogar Trinkwasser in Gewässer zu Kühlzwecken bei Hitzeereignissen eine grundsätzlich zulässige Massnahme dar, die verbreitet zur Anwendung kommen sollten? Unter welchen Umständen kann es sinnvoll sein?
- Wieso gibt es nicht ein generelles langjähriges Äschenfangmoratorium? Schliesslich geht es um den Schutz von gefährdeten Arten?

ANHANG E

Protokoll Workshop



Aktennotiz



Workshop:

Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen

Datum / Zeit

28.5.2019, 8.30 – 12.30 Uhr

Teilnehmer

Mirica Scarselli MS (Amt für Umwelt und Energie Kt. Basel-Stadt); Lukas Bammat-ter LB (Fischereiadjunkt Kt. Zürich); Patrick Wasem PW (Fischereiaufseher Kt. Schaffhausen); Dario Moser DM (Wissenschaftlicher Mitarbeiter Kt. Thurgau); Mirco Müller MM (Fischereiaufseher Kt. Thurgau); Diego Dagani DD (BAFU Sektion Lebensraum Gewässer); Adrian Aeschlimann AA (Schweizerisches Kompetenzzentrum Fischerei SKF); Samuel Gründler SG (Schweizerischer Fischereiverband); Peter Rey PR (Hydra); Mathieu Camenzind MC (AquaPlus); Nicole Egloff NE (AquaPlus)

1. Begrüssung, Vorstellungsrunde, Ziel Workshop

MC begrüsst die Teilnehmer.

Ziele des Workshops sind die Evaluation und Weiterentwicklung von kurzfristigen und langfristigen Massnahmen für den Schutz hitzeempfindlicher Fischarten im Hochrhein; die Planung, Vorbereitung und Organisation von langfristigen Massnahmen u.a. im EZG von Seitengewässern, das Erkennen von Chancen und Risiken und der Austausch mit Experten und Akteuren.

2. Inputreferat: Erkenntnisse aus Projektphase 1 und 2

Die wichtigsten Punkte aus der Literaturrecherche, der Befragung der Projektpartner und Experteninterviews werden zusammengefasst. Die Präsentation befindet sich im Anhang.

3. Kurzfristige Notmassnahmen

PW schlägt vor, die Fragen im Plenum zu diskutieren, so dass alle an den wertvollen Diskussionen teilhaben können.

SG präsentiert die im Sommer 2018 umgesetzten Massnahmen am Hochrhein:

- Im Rheinfallbecken existiert ein Grundwasseraufstoss, in dessen Bereich mehrere hundert Äschen beobachtet wurden. Wegen der starken Durchmischung ist die Wirkung des kühlen Grundwassers beschränkt, weshalb die Massnahme langfristig nicht effizient ist. Der Steg wurde abgesperrt, um Störungen der Fische zu vermeiden.
- Auf der Zürcher Seite des Rheins waren die Sauerstoffmesswerte (Sauerstoffgehalt und -konzentration) im Sommer 2018 sehr hoch.
- In Stein am Rhein wurden sehr grosse Temperaturschwankungen gemessen. Alle Altersstadien waren von Hitzestress betroffen. Zuerst sind die älteren Tiere gestorben und am Ende die 1⁺-Fische.
- Am 25.7.2018 war der Bodensee bereits 25 °C warm. Der Ostwind hat das warme Oberflächenwasser des Bodensees rheinwärts getrieben und ist dadurch für die hohen Wassertemperaturen im Rhein mitverantwortlich.
- Durach: 118'000 m³ Grundwasser wurden während eines Monats gepumpt und in die Durach geleitet. Die Stromkosten für die Pumpen wurden durch den Ökofonds der SH Power gedeckt. Es stellte sich als die wirksamste Massnahme heraus, da im Mündungsbereich eine Wassertemperatur von 16 °C erreicht wurde. Zwar bedeutet es einen Eingriff in die Natur, aber aufgrund der bedeutenden Äschenstrecke ist dies vertretbar.
- Durch die künstlichen Ausbaggerungen entstehen nur Refugien, jedoch keine Nahrungshabitate.
- Hinweise für den Erfolg der Massnahmen:
 - Es werden immer noch viele Äschen gefangen —> Testfänge: 4 Tiere in 1h
 - Äschenlarven im Frühjahr 2019 beobachtet
- Grundwasserquellen sollten systematisch angeschaut werden. Solche, die nicht in Betrieb sind, können für andere Zwecke benutzt werden.
- Grundwasser ist ein wichtiger Aspekt. In Basel existieren 1–2 Grundwasserbrunnen, die eventuell zur lokalen Kühlung der Wiese genutzt werden könnten.
- Anhand der Pegeldata und der Wettervorhersage sollte die Entnahmemenge reguliert werden. Bei Wassertemperaturen über 20° sollte die Entnahme gestoppt werden. Somit würde keine Reduktion des Abflusses erfolgen, welche die Temperaturen noch zusätzlich in die Höhe treibt.
- Die Massnahmen sind sehr spezifisch auf den jeweiligen Standort anzupassen. Die Wasserqualität muss gut sein (kein zusätzlicher Stress).
- Am Petribach wurde festgestellt, dass die Lockströmung sekundär ist, die Fi-

sche finden kühleres Wasser sowieso.

- Am Geisslibach wurde im Schiffshafen ein Schaufelrad-Belüfter installiert sowie zusätzlich ausgebaggert. Diese Kaltwasserzonen haben sich sofort mit Fischen gefüllt. Der Geisslibach verläuft durch den Hafen und muss regelmässig ausgebaggert werden um die tieferen Wasserbereiche zu erhalten. Elektrofischerei (um Fische umzusiedeln) erwies sich als ungeeignet, daher wurde ein Netz eingesetzt, womit gute Erfahrungen gemacht und kaum Mortalitäten festgestellt wurden.
- Bedeckungen (Netze) von kühleren Wasserbereichen reduzieren den Stressfaktor. Eine Verbesserung könnte erreicht werden, wenn im Rahmen von vorbereitenden Arbeiten bereits Stangen fix installiert würden, so dass nur die Netze aufgehängt werden müssen.
- In Zürich wurden Grundwasser/Hangwasser-Bereiche geschützt. Es befinden sich Betonblöcke mit Ösen im Wasser, in welche die Netze eingespannt werden können.
- An der Biber wurde ein Kanal gegraben. Fischer haben den Mündungsbereich täglich beobachtet und bei Bedarf nachgeschaufelt. Der Graben wurde als Prädationsschutz mit Netzen überspannt. Die Wasserqualität der Biber ist hingegen schlecht. Sie wird von der Landwirtschaft stark genutzt und weist eine schlechte Beschattung auf, die Sauerstoffzehrung ist nachts sehr stark. Es wurde zusätzlich ein Schaufelrad-Belüfter eingesetzt. Äschen sind bis zu 1.2 km in der Biber aufgestiegen. Der Grundwasserstrom gelangt bis in den Rhein und könnte da eingeleitet werden. Dafür wurde ein geologisches Gutachten erstellt.
- Die Massnahmen haben ca. 8'000.- gekostet, was im Vergleich zu den Bewirtschaftungskosten kaum relevant ist.
- Zur landwirtschaftlichen Bewässerung werden nur Rhein und Biber genutzt. Es existiert ein Konzept zur Einstellung der Entnahmen bei gewissen Pegelständen. In Zukunft wäre die alleinige Entnahme aus dem Rhein wünschenswert.
- Idee: Den Gewässerraum den Bauern übergeben, welche Hecken pflanzen und dadurch Subventionen erhalten.
- Schifffahrt: Kursschifffahrt wurde im Sommer 2018 eingestellt (wegen zu tiefen Wasserstandes), was aus fischereilicher Sicht eine Verbesserung gegenüber 2003 darstellt. Generell sollte man bei Hitzeereignissen alle Aktivitäten auf dem Rhein einstellen. Es herrscht ein starker Nutzungsdruck durch Erholungssuchende.
- In BS/BL wurde ein Badeverbot an der Birs und Wiese in den revitalisierten Strecken erhoben. Da Infotafeln zu wenig wirksam waren, wurde zusätzlich eine Medienmitteilung über das Badeverbot inkl. Strafandrohung publiziert.
- In ZH wäre für kleinere Gewässer ein Badeverbot denkbar (Töss / Sihl). An der Töss wurde eine Infotafel zum Nasenaufstieg installiert, diese wurde jedoch nicht verstanden.

- Idee: Die ARA in Singen könnte geklärtes Abwasser einleiten, falls dieses kälter ist als das Rheinwasser. Generell könnten auch im Bereich von Abwasser-einleitungen Massnahmen (z.B. Baggerungen) umgesetzt werden.
- Durch Hangwasser entstehen kleinräumige Kaltwasserzonen. Das kühle Wasser darf sich jedoch nicht zu früh vermischen. Der Kt. ZH setzt im Bereich der «Chüetränki» bei Ellikon eine wasserbauliche Massnahme zur Reduktion der Durchmischung um.
- Das Kosten/Nutzen-Verhältnis ist oft auch bei kleinen Massnahmen gut.
- Auch im Staubereich des KW Schaffhausen sind kleinere Bäche vorhanden, die genutzt werden könnten.

4. Präsentation Messkampagne Hochrhein Sommer 2018

- Die Massnahmen an der Biber, dem Hemishoferbach, dem Geisslibach und dem Petribach wurden mittels Temperatur-Loggern überwacht. Die Temperaturen innerhalb der Massnahmen (Baggerungen im Mündungsbereich) wurden mit den Temperaturen der Zuflüsse und des Rheins verglichen.
- Die Temperaturen innerhalb der Massnahmen waren vergleichbar mit den Temperaturen der kühleren Zuflüsse und somit erheblich tiefer als die Temperaturen im Rhein. Die Massnahmen haben vor allem die Durchmischung des Wassers reduziert (siehe Präsentation im Anhang).

5. Grundlagen

- Das Pegelnetz am Rhein ist ziemlich dicht, jedoch nicht an kleinen Gewässern.
- Messungen der Sauerstoffkonzentration und -sättigung müssen auch nachts durchgeführt werden, was sehr zeitintensiv ist. Der Tagesverlauf der Sauerstoffkonzentration und -sättigung wäre eine wichtige Information. Die vorhandenen Messgeräte waren dazu nicht geeignet. Erst später wurde vom Kt. TG ein geeignetes Sauerstoffmessgerät angeschafft.
- Es könnten Wärmebildaufnahmen der Gewässeroberfläche eingesetzt werden, um die Temperaturentwicklung (z.B. auf dem Bodensee) vorauszusehen.
- Forschungspotential: Wie wirksam sind solche Massnahmen? Wie langfristig wirken diese? Studien zum Verhalten sowie Bewegungsmustern von Fischen bei Hitzeereignissen (z.B. mittels Telemetrie)? Existieren Teilpopulationen im Bodensee? Wie können diese allenfalls geschützt werden?
- Mit den umgesetzten Massnahmen am Hochrhein können lokale Teilpopulationen geschützt werden. Das Potential für den Schutz von Populationen im Bodensee ist gross und müsste ebenfalls in einem Massnahmenkonzept festgehalten werden. Dafür braucht es jedoch eine Kormoranabwehr am Bo-

densee.

- Kormorane: Im internationalen Vogelschutzgebiet im Untersee sind Bekämpfungsmassnahmen schwierig. Dort nisten bis zu 1000 Brutpaare (grösstes Brutgebiet in Baden-Württemberg). Durch den Hitzesommer sind evtl. grössere Druckmittel vorhanden → Fischschutz als Artenschutz rückt in den Vordergrund zur Begründung von Kormoran-Abwehrmassnahmen.
- Einsatz von Kormoranbeauftragten ist sinnvoll, welche für einen grösseren Bereich zuständig sind und die Einsätze koordinieren. Die Anwesenheit von Personen vor Ort ist bereits hilfreich.
- Erfahrungen zur erfolgreichen Kormoranabwehr für grosse Gewässer fehlen. Die Wirkung ist jedoch viel grösser, wenn bei einer grossen Brutkolonie angesetzt werden kann.

6. Verhältnismässigkeit

- Fischereiliche Bewirtschaftung kostet viel Geld → Notmassnahmen kosten relativ wenig und lokale Populationen können so wirksamer geschützt werden.
- Fische im Allgemeinen und die Äsche als Flagship-Art im Speziellen haben das Potenzial, bei der Bevölkerung Akzeptanz für Uferrenaturierungen und Aufwertungsmassnahmen zu schaffen.
- Wenn nicht jedes Jahr in Massnahmen investiert werden muss, sind die Kosten für die Massnahmen durchaus vertretbar (insbesondere auch im Vergleich zu den Investitionen in die Lachs-Rückkehr).
- Kommunikation: Das Ziel ist, das gesamte Fischspektrum zu erhalten.
- Im Rhein konnten (im Vergleich zum Sommer 2003) bereits temperaturtolerantere Populationen festgestellt werden → Ist tatsächlich eine Weiterentwicklung zu mehr Temperaturtoleranz zu beobachten?
- An der Wiese ist der Äschenbestand gut. Ist auch diese Population eher temperaturtolerant? Allenfalls wären gezielte Untersuchungen bezüglich der Temperaturtoleranz und dem Verhalten der Äschen in der Wiese angebracht. Entsprechende Ergebnisse könnten als Argument für Schutzmassnahmen dienen.
- Äschen- und Nasenlaichgebiete sind zu schützen → es soll auf einzelne (lokale) Stämme fokussiert und Schutzmassnahmen ergriffen werden → Förderung autochthoner Populationen.
- Der Schutz der Biodiversität kann als Argumentation für griffige Massnahmen dienen (siehe «Aktionsplan Biodiversität» des BAFU). Auch die genetische Vielfalt innerhalb der Arten würde sich durch das Aussterben von lokal angepassten (Äschen-)Populationen reduzieren.

- Ein Umdenken im Wasserbau ist gefordert —> Förderung von Beschattung, Niederwasserrinnen, Strukturen (Kolke), Verminderung der Durchmischung im Bereich von Kaltwasserzonen durch Instream-Massnahmen etc. Mit dem Pilotprogramm des BAFU im Allgemeinen und dem Projekt F.09 «Trockenheit, Wärme, Winterhochwasser – Fischerei und Wasserbau im (Klima-) Wandel» im Speziellen geht die Sensibilisierung in die richtige Richtung.
- Systematisches aufspüren und beobachten von Grundwasseraufstössen im Gerinne und tieferen Mulden im Rhein mit Tauchern (oder Tauchrobotern).
- Die bisher umgesetzten Massnahmen sind nicht abschliessend, da jedes Hitzeereignis sich anders präsentiert.
- Rechtzeitiges Wasserentnahmeverbot ist wichtig. Dazu müssen die Behörden die Zuständigkeiten festlegen (z.B. Trockenheitsstab) und entsprechende Alarm- oder Schwellenwerte definieren, z.B. MNQ und Temperatur.
- Langfristig muss das Wasserdargebot bekannt sein und die Wassernutzung reguliert werden: z.B. könnte für die landwirtschaftliche Bewässerung jeden Monat eine gewisse Entnahmemenge festgelegt werden, womit Landwirte ihre Bewässerungsstrategie selber managen könnten.
- Im Notfallkonzept des Kt. AG wurde festgelegt, dass bei Trockenheits- und Hitzeereignissen die Mindestrestwassermenge (gemäss Art. 31 Abs. 1) im Gewässer verbleiben muss. Gleichzeitig hat sich eine gestaffelte Kommunikation der zuständigen Behörden bewährt:
 1. Vorzeitige Information über die bevorstehende Wasserknappheit
 2. Information über die möglichen Restriktionen
 3. Information über den verfügbaren Entnahmestopp
- Fischzönotische Grundaussprägung des Gewässers sollte für die Schwellenwerte ausschlaggebend sein: z.B. 23 °C Gewässer im Potamal, 21.5 °C für Salmonidengewässer (Meta- und Hyporithral)
- Förderung von Grundwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung ist im Kt. SH nicht erlaubt. Dies sollte in Kt. ZH auch der Fall sein.
- Erwartungen des BAFU:
 1. Arbeitspapiere sollten für alle zugänglich sein —> Betroffene Akteure sollen Hilfestellung erhalten.
 2. Steigerung der Akzeptanz für weiterführende Massnahmen
- Generelle Beobachtung bei Revitalisierungen: Es besteht kein Mangel an Flachwasserzonen, aber ein Mangel an tiefen Stellen (Kolke).
- Es sollte vom BAFU eine Untersuchung zur Ermittlung der Wirksamkeit von Trockenheitsabfischungen in Auftrag gegeben werden (z.B. Fang/Wiederauffang-Studie).
- Verständnis für Revitalisierungen sollte allen mit Fallbeispielen klar gemacht werden
- Im Kt. AG findet ein Pilotprojekt zum Thema zum Thema «Klimawandel und

Trockenheit im Wasserbau» statt (siehe Projekt F.09). Bei der Planung von wasserbaulichen Massnahmen (HWS, Revitalisierungen) sollten klimatische Aspekte berücksichtigt werden.

- Es sollte ein gesamtheitliches EZG-Management eingeführt werden. Wichtige Fragen sind: Ist das Wasserdargebot ein Problem? Gibt es Grundwasser-Quellen? Wo wird Grundwasser gepumpt? Ist ein Quellinventar vorhanden und sind Informationen über die jeweiligen Schüttungen dieser Quellen vorhanden? Sind Trennsysteme von Schmutz- und Mischwasser vorhanden?

Zug, 10.7.2019 / N. Egloff & M. Camenzind

angepasst: 15.8.2019