

# Massnahmen gegen die Gewässererwärmung: Wie geht der Bund vor?

*Angesichts des Klimawandels verfolgt der Bund eine zweigleisige Strategie, die auf Massnahmen zur Reduktion des ökologischen Fussabdrucks und zur Anpassung an die Klimaveränderungen basiert. Was die Gewässer betrifft, handelt der Bund auf verschiedenen Ebenen: Er fördert kurzfristige Massnahmen, um die Fischbestände zu sichern, mit punktuellen, extremen Situationen umzugehen sowie auch langfristige Massnahmen, die auf die grösseren Veränderungen abzielen.*

*von Diego Dagani*

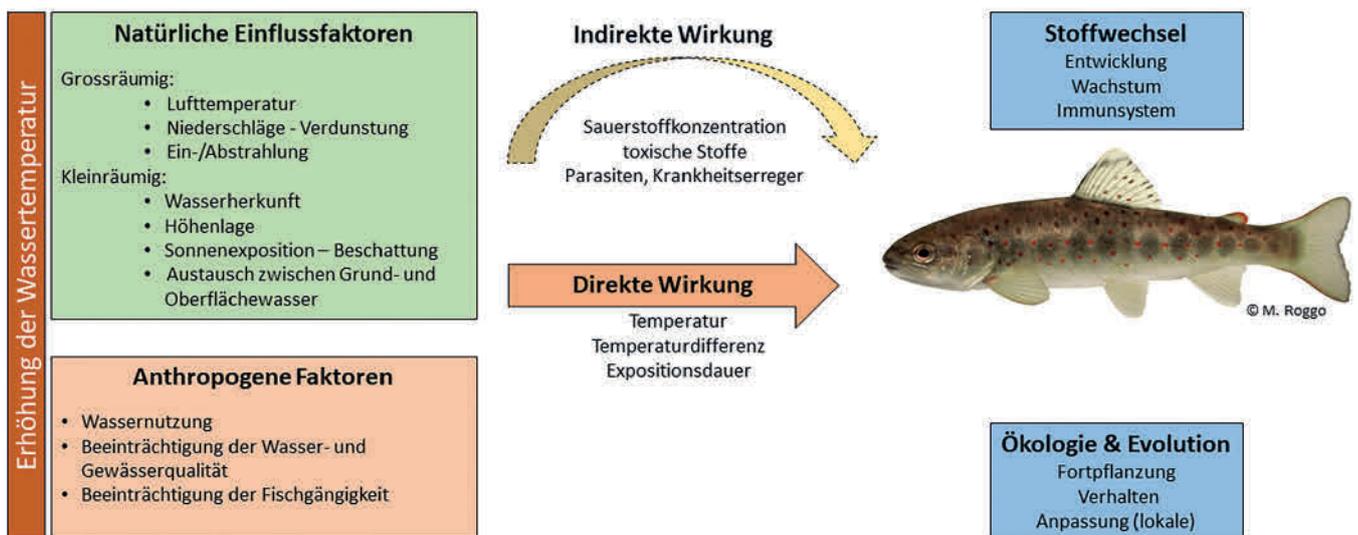
Der Klimawandel hat bereits heute einen deutlichen Einfluss auf die Gewässerökosysteme und wird sowohl direkte als auch indirekte Effekte auf Mensch und Umwelt haben. Der Lebensraum, der für aquatischen Arten zur Verfügung steht, wird sich ändern und anthropogene wie auch natürliche Effekte werden verstärkt. Die Gewässer sind vom Klimawandel besonders betroffen: Weltweit zählen sie zu den am meisten bedrohten Ökosystemen, und dies gilt auch für die Schweiz. Wasserorganismen, und somit auch die Fische, leben in einem begrenzten Raum, in dem sie ihren gesamten Lebenszyklus durchlaufen. Alle negativen Einflüsse auf die Gewässer haben daher einen starken Effekt auf die Biodiversität, auf die Bestände und auf das Artenspektrum. Von den 73 einheimischen Fisch- und Krebsarten der Schweiz gelten schon jetzt neun als ausgestorben und rund die Hälfte als bedroht (Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei VBFG, Anhang 1).

Obwohl sich die gesamtjährliche Verfügbarkeit der Wasserressourcen in der Schweiz bis Ende des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich nicht signifikant verändern wird, werden sich die Niederschläge im Jahresverlauf anders verteilen (BAFU, 2012). In Folge der Klimaveränderung wird die Menge des als Schnee und in Gletschern gespeicherten Wassers allmählich abnehmen. Dies wiederum wird die jahreszeitliche Verteilung der Abflüsse und der Wasserverfügbarkeit in fast allen Gebieten des Landes verändern. Für Wasserökosysteme werden negative Folgen in verschiedenen Zeithorizonten zu spüren sein. Es wird unterschieden zwischen kurzfristigen Effekten, die innerhalb einer Generation sichtbar sind und kumulative Folgen haben, und langfristigen Effekten, die innerhalb von Jahrzehnten oder sogar Jahrhunderten in Erscheinung treten. Beispiel für kurzfristige Effekte sind das vermehrte Auftreten von Winterhochwasser, längere Trockenperioden und anhaltende

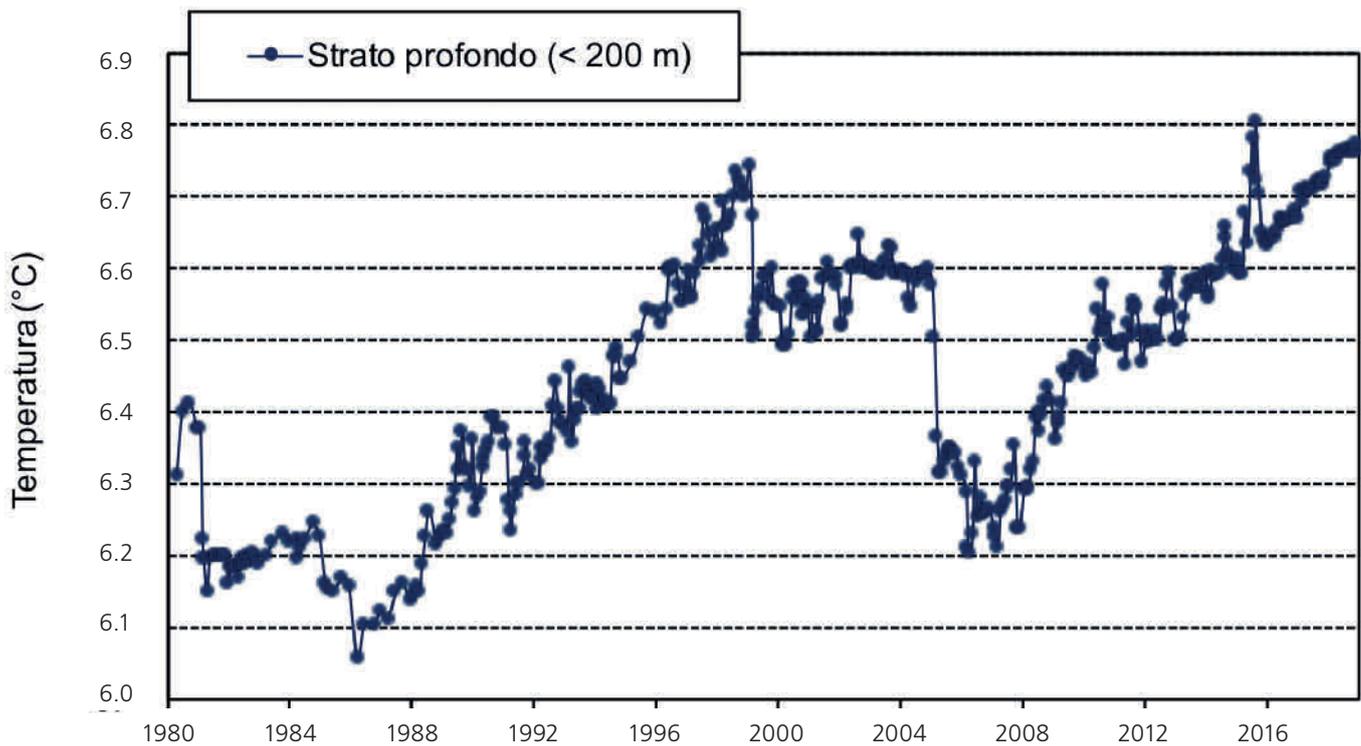
Hitzewellen, die jetzt schon unsere Fischfauna unter Druck setzen. Der generelle Anstieg der mittleren Wassertemperatur in Oberflächengewässern ist ein Beispiel für langfristige Effekte.

### Langfristige Folgen

Die Temperatur ist ein Schlüsselfaktor für das ökologische Gleichgewicht der Oberflächengewässer. Sie beeinflusst alle Prozesse sowie das Wachstum der Organismen und die Artenzusammensetzung. Die Überlebenskapazität und die Aktivität der Gewässerorganismen, darunter auch Fische, sind von Temperaturgrenzen limitiert und an Temperaturoptima gekoppelt. Eine Erwärmung des Wassers, bedingt durch anthropogene und natürliche Faktoren, beeinflusst die Fische auf verschiedene Weise (Abb. 2). Die Gewässerökosysteme zeigen bereits heute deutliche Veränderungen und es müssen wohl noch gravierendere für die kommenden Jahrzehnte befürchtet werden.



▲ Abbildung 2: Anthropogene und natürliche Einflussfaktoren auf die Wassertemperatur und mögliche negative Effekte für die Fische. Quelle: Wasser Fisch Natur, 2013; verändert von D. Dagani



▲ Abbildung 3: Entwicklung der Wassertemperatur in der Tiefe des Lago Maggiore. Der «kühlende» Effekt der kompletten Durchmischung des Sees in den Jahren 1999, 2005 und 2006 ist gut erkennbar. Punkte = Tiefenwasser (<math>< 200\text{ m}</math>). Quelle: Daten CIPAI 2018

Der Anstieg der Wassertemperatur in der Tiefe der Seen, wie er zum Beispiel im Lago Maggiore beobachtet wird (Abb. 3), zeugt von grundlegenden, grossräumigen Veränderungen. Durch die Vermischung des Oberflächenwassers mit dem Tiefenwasser werden Nährstoffe über die ganze Wassersäule verteilt und die tieferen Zonen mit Sauerstoff versorgt. Um ihre Funktionen zu erfüllen und Lebensraum für eine reiche und vielfältige Fischfauna zu bieten, müssen Seeökosysteme regelmässig und vollständig durchmischt werden. In unseren Alpen- und Alpenrandseen geschieht dieses Phänomen meist im Frühjahr und im Herbst, wenn die Wassersäule nicht mehr geschichtet ist und der starke und stetige kalte Wind die Wasserzirkulation antreibt. Auf lange Sicht wird eine komplette Durchmischung der Seen immer seltener möglich sein, was Auswir-

kungen auf das ganze Ökosystem und auf die Fische haben wird.

Noch problematischer ist die Lage in Fließgewässern, die mit einem Anstieg der mittleren Wassertemperatur konfrontiert werden. In Basel ist die Temperatur des Rheins seit 1960 um mehr als zwei Grad gestiegen ([www.bafu.admin.ch/naduf](http://www.bafu.admin.ch/naduf)). Fischarten wie die Bachforelle und die Äsche brauchen kühle, sauerstoffreiche Gewässer, um wachsen und laichen zu können. Die Gewässererwärmung wird sich langfristig auf die Artenzusammensetzung, auf die Fischbestände und auf die Verfügbarkeit von Lebensraum auswirken. In ihren düsteren Prognosen sagen Zukunftsszenarien ein Verschwinden von 40 Prozent der Forellenhabitate bis 2050 voraus (Notter & Staub, 2009). Erschwerend hinzu kommt, dass die durch

die Erwärmung verursachte Abnahme des Sauerstoffs im Wasser das Auftreten der proliferativen Nierenkrankheit PKD fördert, die Forellen in tiefen Höhenlagen besonders stark befällt.

### **Kurzfristige Folgen mit kumulativen Effekten**

Bachforellen laichen im Kies im Spätherbst und am Anfang des Winters. Stärkere Winterhochwasser können den Laich vernichten und so die Naturverlaichung verunmöglichen. Ebenso können längere Trockenperioden und extreme Temperaturen kälteliebende Arten wie Bachforellen oder Äschen unter Druck setzen. Wenn die Wassertemperatur über längere Zeit 25 Grad übersteigt und der Sauerstoffgehalt abnimmt, brauchen Fische erreichbare Refugien oder eine Möglichkeit zu wandern, um dem Stress auszuwei-

chen. Zukünftig könnten derartige Stressereignisse häufiger vorkommen. Im Sommer 2018 sind massive Fisch- und Krebssterben in zwei Dritteln der Kantone in Folge der Trockenheit beobachtet worden; 2003 wurden 150 Fälle gemeldet (Daten BAFU). Wenn solche Situationen mehrere Jahre hintereinander auftreten, ist die Existenz ganzer Populationen gefährdet.

### Anpassungsfähigkeit

Im Laufe der Zeit wurden die Fische durch ihre Umwelt geprägt. Sie haben Strategien und Eigenschaften entwickelt, um sich ihrem Lebensraum anzupassen und auf Veränderungen erfolgreich zu reagieren. Die Entwicklung der Bachforelle ist diesbezüglich sehr interessant: Forscher haben nachgewiesen, dass die gleiche Adaptation an die Höhenlage in Populatio-

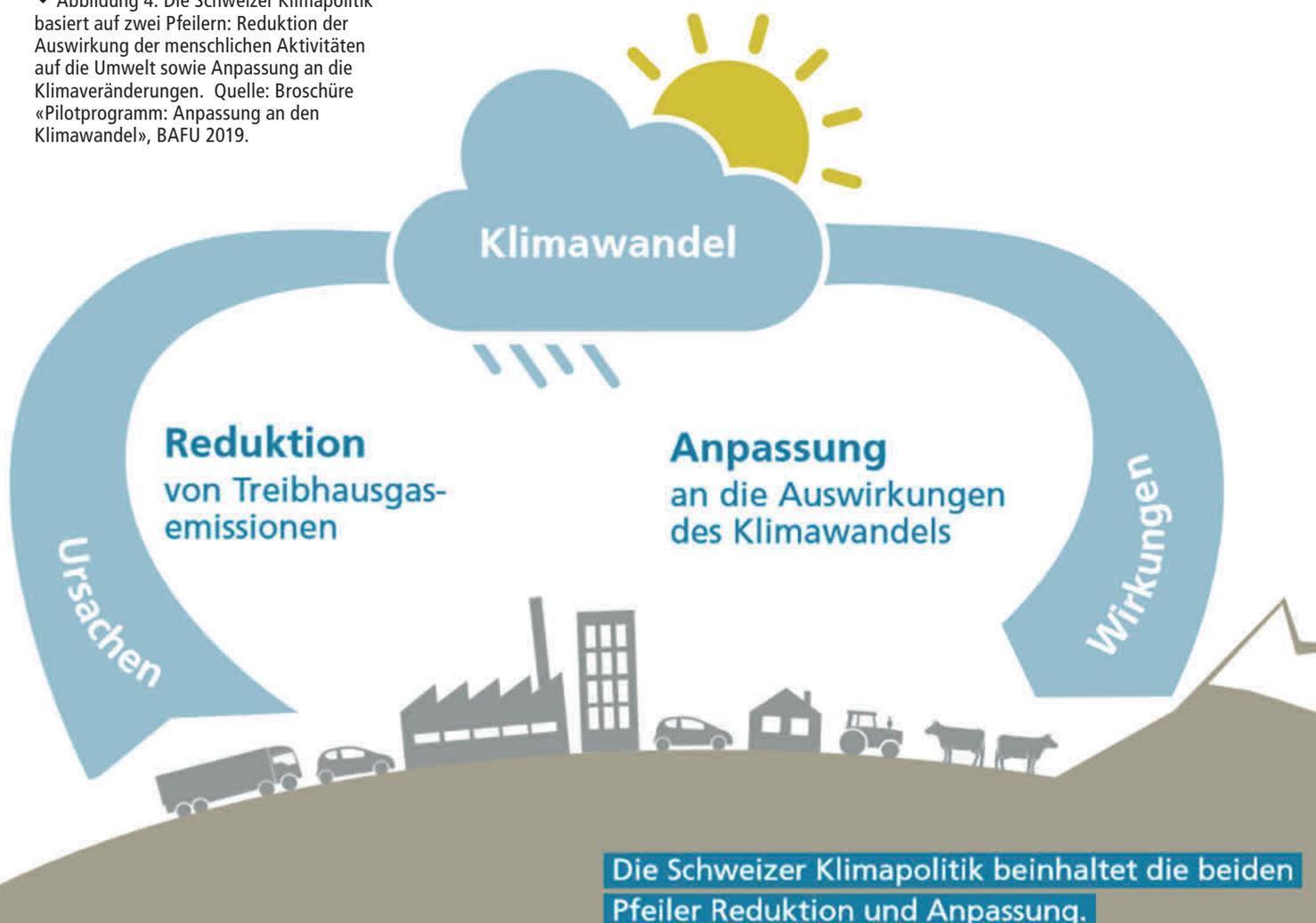
nen verschiedener Einzugsgebiete parallel stattgefunden hat (Keller *et al.* 2012). Sie nehmen an, dass die von der Selektion betroffenen Gene in Abwehrreaktionen und Anpassungen an die Temperatur involviert sind. Der heutige Klimawandel verläuft sehr schnell und die Frage, ob Ökosysteme ausreichend schnell darauf reagieren können, bleibt offen. Dabei ist es äusserst wichtig, dass die natürlichen Populationen eine genügende (genetische) Vielfalt aufweisen, damit adaptive Mechanismen stattfinden können. Die inner- und zwischenspezifische Biodiversität spielt dabei eine Schlüsselrolle und es ist sehr wichtig, sie langfristig zu erhalten. So sind zum Beispiel stark befischte und häufig besetzte Fischarten wie die Äsche oder die Bachforelle besonders gefährdet, wenn die Bewirtschaftung und insbesondere der Besatz sich nicht nach den neuen

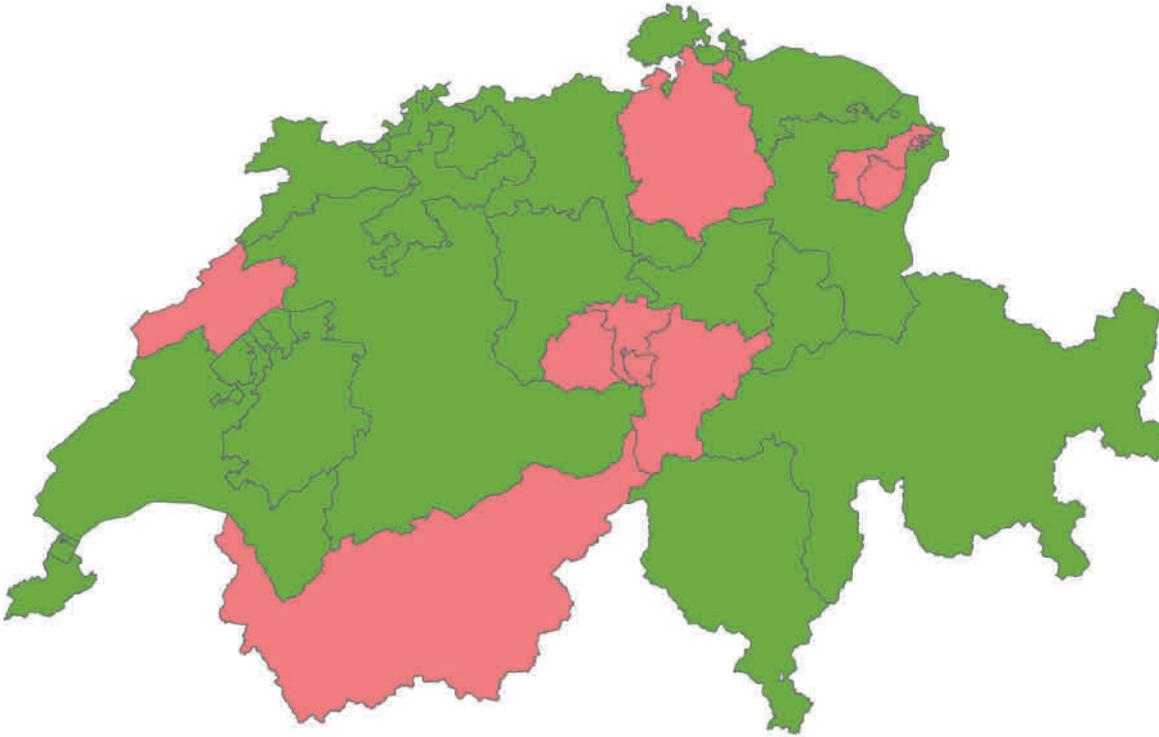
Empfehlungen des Bundes richten (BAFU 2018). Diese zielen darauf ab, die spezifische Anpassungsfähigkeit der verschiedenen Populationen zu erhalten.

### Intakte Habitate mit hoher Biodiversität können besser reagieren

Der Klimawandel belastet aquatische Ökosysteme und verstärkt den Effekt der zahlreichen Beeinträchtigungen, denen sie bereits ausgesetzt sind. Der für die Organismen, insbesondere die Fische, verfügbare Lebensraum wird sich ändern, während andere anthropogene – durch Wassernutzung, Schadstoffe (Pestizide), Kanalisierungen, usw. – oder natürliche Belastungen wie durch PKD verstärkt werden.

▼ Abbildung 4: Die Schweizer Klimapolitik basiert auf zwei Pfeilern: Reduktion der Auswirkung der menschlichen Aktivitäten auf die Umwelt sowie Anpassung an die Klimaveränderungen. Quelle: Broschüre «Pilotprogramm: Anpassung an den Klimawandel», BAFU 2019.





▲ Abbildung 5: Die 17 grün markierten Kantone sprachen im Sommer 2018 Wasserentnahmebegrenzungen aus.  
Quelle: Daten BAFU 2019

### Massnahmen des Bundes zur Minderung der Effekte des Klimawandels

Auch in der Schweiz hat der Klimawandel Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Massnahmen zur Anpassung an diese Auswirkungen sind bereits heute nötig und werden in Zukunft immer wichtiger. Die Schweizer Klimapolitik stützt sich auf zwei Pfeiler: Massnahmen zur Reduktion des ökologischen Fussabdrucks (etwa via einer Reduktion der Treibhausgasemissionen) einerseits und Massnahmen zur Anpassung an die Klimaveränderung, um negative Effekte auf Menschen und Ökosysteme zu minimieren, andererseits (Abb. 4). Die Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme an die Veränderungen (Resilienz) hängt ab von der Biodiversität auf allen Ebenen: der Vielfalt der Ökosysteme, der Vielfalt der Arten sowie der genetischen Vielfalt.

Die Strategie des Bundes setzt den Rahmen für das koordinierte Vorgehen der Bundesämter bei der Anpassung an die Klimaveränderung. Im ersten Teil dieser Strategie werden vom NCCS (National Centre for Climate Services) – das Netzwerk des Bundes für Klimadienstleistungen – zwölf Herausforderungen beschrieben:

1. Grössere Hitzebelastungen in Städten und Agglomerationen
2. Zunehmende Sommertrockenheit
3. Steigendes Hochwasserrisiko
4. Abnehmende Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen
5. Steigende Schneefallgrenze
6. Beeinträchtigung der Wasser-, Boden- und Luftqualität
7. Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzungen und Landschaft

8. Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten
9. Monitoring und Früherkennung
10. Reduktion von Unsicherheiten und Schliessen von Wissenslücken
11. Sensibilisierung, Information und Koordinierung
12. Ressourcenbedarf und Finanzierung

Besonders die Punkte 2, 3 und 6 betreffen direkt die Gewässer, die aquatischen Ökosysteme und die Wasserorganismen; die anderen Punkte können einen indirekten Effekt auf sie haben.

### Pilotprogramm «Anpassung an den Klimawandel»

Der Bund betreibt das Pilotprogramm «Anpassung an den Klimawandel», das dem Bundesamt für Umwelt untergeordnet ist, und anhand von konkreten Projek-

ten zeigt, wie die Schweiz sich auf das veränderte Klima vorbereiten und anpassen kann. Die Projekte sind sektorenübergreifend konzipiert und werden dezentral in jedem Kanton umgesetzt. In der ersten Umsetzungsphase (2013-2017) umfasste das Pilotprogramm schweizweit 31 Projekte. 2018 ist es in seine zweite Umsetzungsphase übergegangen, die 50 neue Projekte umfasst und dessen Ergebnisse bis Ende 2022 erwartet werden. Zwei davon befassen sich direkt mit den Fischen, deren Schutz und, de facto der Frage, welche Möglichkeiten es gibt, ihr Habitat in Zeiten des Klimawandels zu erhalten. Das erste Projekt widmet sich der Berücksichtigung der Bedürfnisse der Fische bei den Wasserbauprojekten (siehe Beitrag von A. Aeschlimann, S. 30), das zweite mit kurzfristigen und langfristigen Massnahmen, die es speziell für den Hochrhein zu treffen gilt (Übersicht über Situation im Hochrhein, beschrieben von S. Gründler, S. 26).

### Gewässerspezifische Massnahmen

Die Art und Weise, wie Gewässer und ihr Umland in Zukunft genutzt und bewirtschaftet werden, hat Einfluss auf ihre Reaktion auf Klimawandel, Winterhochwasser, Trockenphasen und Hitzesommer. Was die Gewässer betrifft, handelt der Bund auf verschiedenen Ebenen: Er fördert kurzfristige Massnahmen, um den Erhalt der Fischbestände zu ermöglichen und mit punktuellen, extremen Ereignissen umzugehen. Langfristige Massnahmen zielen auf grössere Veränderungen ab. Es ist dabei sehr wichtig, alle Belastungen zu berücksichtigen und die notwendigen Massnahmen bei allen Handlungen einzubeziehen. Dieser Ansatz gilt auch für den Umgang mit der Fischfauna.

Die Gewässerrenaturierung bezweckt die Aufwertung der Fliessgewässer und der Seeufer über drei Wege: die Sicherung des Gewässerraumes, die Umsetzung von Revitalisierungsmassnahmen und die Sa-

nierung der Wasserkraft. Sie wird den Fliessgewässern und ihrer Fauna mehr Möglichkeiten geben, die Folgen des Klimawandels zu überdauern oder ihnen auszuweichen. Auch muss der Austausch von Grundwasser und Oberflächenwasser sichergestellt werden, um die Erwärmung des Wassers zu begrenzen. Dank der Wiederherstellung der Fischgängigkeit werden Fische in der Lage sein, in kritischen Situationen andere Habitate oder Refugien zu erreichen. In dieser Hinsicht spielen kleine Fliessgewässer eine sehr wichtige, oft unterschätzte Rolle (Schmid und Dermond, 2019). Die sonnenexponierten Gewässer erwärmen sich besonders im Sommer schnell, wenn sie weniger Wasser führen. Die Beschattung der Fliessgewässer soll, wo auch immer möglich, begünstigt werden. Wasserentnahmen müssen reglementiert und kontrolliert werden, damit den Gewässern genügend Wasser zur Verfügung steht. So mussten zum Beispiel 17 Kantone während des Sommers 2018 Wassernutzungsbegrenzungen verfügen (Abb. 5).

### Fazit

Die Klimaveränderung stellt die Gewässer und die Fischfauna unmittelbar oder mittelbar vor grosse Herausforderungen. Ohne intakte oder naturnahe Habitate und ohne ein Minimum an genetischer Diversität wird es den Populationen der kälte liebenden Arten kaum möglich sein, die punktuellen Belastungen zu überstehen und sich an längerfristige Veränderungen anzupassen. Selbst wenn wir geeignete Massnahmen ergreifen, wird sich die Fischfauna in manchen Gewässern verändern und anpassen müssen, um zu überleben. Die Klimaveränderung wird uns zwingen, eine Anpassung vorzunehmen und damit verbundene Veränderungen zu akzeptieren. Es ist unsere Pflicht, die nötigen Massnahmen umzusetzen, damit diese Anpassung auch erfolgen kann. Wir müssen uns darüber hinaus engagieren, damit die negativen Folgen so gering wie möglich bleiben. ♣

### Literatur

- Keller, Irene & Schuler, Jolanda & Bezault, Etienne & Seehausen, Ole. (2012). Parallel divergent adaptation along replicated altitudinal gradients in Alpine trout. *BMC evolutionary biology*. 12. 210. 10.1186/1471-2148-12-210.
- Kunz M., Schindler Wildhaber Y., Dietzel A., Wittmer I., Leib V. (2016): Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung der Oberflächenwasserqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand 1620: 92 S
- Notter, B. & Staub, E. (2009) Lebensraum der Bachforelle um 2050. GWA Gas, Wasser, Abwasser. Nr. 1/2009: 39-44
- OFEV 2012: Effects of Climate Change on Water Resources and Waters. Climate Change and Hydrology in Switzerland (CCHydro). Federal Office for the Environment, Bern, Switzerland.



#### Diego Dagani

M. Sc. Biol., ist leidenschaftlicher Biologe und Fischer. Er ist seit jeher von den Gewässern und ihren Bewohnern

fasziniert und engagiert sich seit 2013 für Ihren Schutz in der Sektion Lebensraum Gewässer des Bundesamts für Umwelt BAFU.

#### Diego Dagani

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung AÖL,  
Sektion Lebensraum Gewässer  
Worblentalstrasse 68, 3063 Ittigen  
058 462 52 41  
diego.dagani@bafu.admin.ch