

# Revitalisierung von Fließgewässern in Zeiten des Klimawandels

von Fredy Elber, Tino Stäheli & Mathieu Camenzind

## Natürlicherweise beschattet

Nach den Eiszeiten war die Schweiz ausserhalb von Feuchtgebieten bis zur Waldgrenze dicht bewaldet (Abb. 1). Fließgewässer waren von Gehölzen gesäumt und dadurch in der Regel stark beschattet und kühl. Offene, besonnte Flächen an kleineren Bächen fanden sich mit Ausnahme der höher gelegenen Gebiete nur in Riedlandschaften oder dort, wo der Wald durch Störungen (Feuer, Windwurf, u.a.) Lücken aufwies. Grosse Fließgewässer hingegen waren abschnittsweise schon immer besonnt (Auen, breites Gerinne). Dies machte jedoch einen geringen Anteil der Fließstrecke des Gewässernetzes aus.

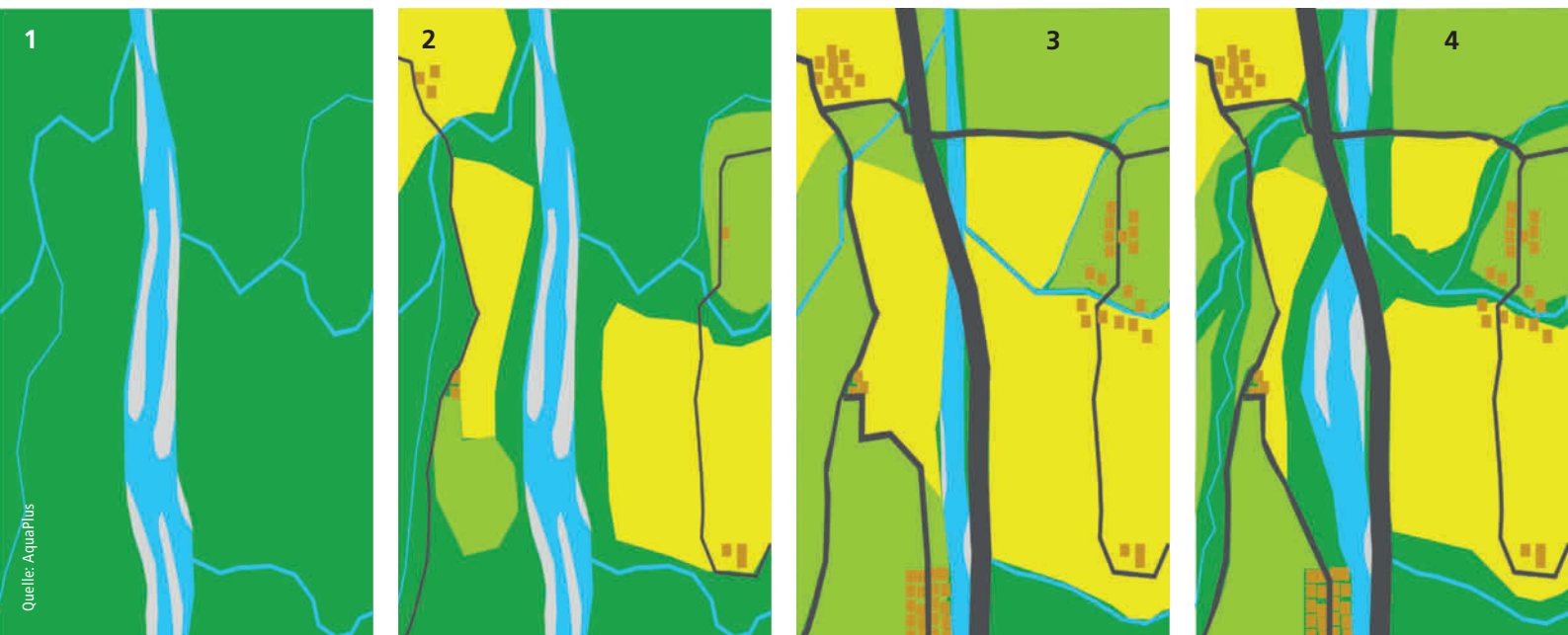
Einheimische Wasserlebewesen sind deshalb mehrheitlich an tiefere Temperaturen und die damit verbundenen chemisch-physikalischen Bedingungen angepasst.

Mit der Entwicklung des Ackerbaus und der Viehwirtschaft wurde durch Rodung aus der Waldlandschaft die Kulturlandschaft (Abb. 1). Bevölkerungswachstum, Industrialisierung sowie Verkehrs- und andere Infrastrukturanlagen benötigten immer mehr Flächen zu Lasten der Wälder und die intensive Nutzung des Raumes führte zur Verbauung und Begradigung der Gewässer. Die einstmals gewässerbegleitende Vegetation wurde auf ein Mini-

mum reduziert oder entfernt (siehe Abb. 2). So wurden aus beschatteten, kühlen Bächen besonnte Fließgewässer, die sich stark erwärmen können. Darunter leiden die angepassten Populationen. Können sie nicht in kühlere Gewässer ausweichen, droht sogar ein Verschwinden ganzer Bestände. Effektverstärkend kommt neben künstlichen Wasserausleitungen hinzu, dass sich aufgrund des Klimawandels der Abfluss in den Gewässern ändert und bei nicht gletscherbeeinflussten Gewässern im Sommer mit deutlich weniger Wasser zu rechnen ist.

▼ Abbildung 1: 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.



## Erhöhte Temperatur und ihre Wirkung

Wasserbewohner wie Fische und Wirbellose werden in vieler Hinsicht durch die Temperatur beeinflusst, etwa bezüglich der Stoffwechselaktivität, der Entwicklungsgeschwindigkeit oder auch hinsichtlich des Ausbruchs von Krankheiten. So liegt die kritische Grenze für den Ausbruch der proliferativen Nierenkrankheit (PKD) bei Bachforellen bei 15 Grad. Von einigen Organismen sind Temperaturobergrenzen bekannt, deren Überschreiten tödlich sein kann (Küttel et al. 2002). Für adulte Forellen und Äschen liegt dieser Wert bei 25 Grad. Er wurde zum Beispiel im Hochrhein in den Hitzesommern 2003 und 2018 übertroffen, so dass es zu Fischsterben kam.

## Beschattung und ihre Wirkung

Schattenwurf durch Ufervegetation kann das Temperaturregime eines Gewässers insbesondere in Hitzeperioden substantiell verändern und so massgeblich zum Überleben sensibler Organismen beitragen. *Abbildung 3* zeigt den Tagestemperaturverlauf eines beschatteten und eines unbeschatteten Fließgewässerabschnittes. In der kritischen Nachmittagszeit im Sommer ist die Temperaturdifferenz der beiden Abschnitte mit rund fünf Grad am grössten. Im Frühling und im Herbst sind die Unterschiede bedeutend kleiner, im Winter sind sie vernachlässigbar. Generell sind die Amplituden des täglichen Temperaturverlaufes des offenen Abschnittes grösser als jene des bestockten, was an der dämpfenden Wirkung der Vegetation auf das Mikroklima (Windgeschwindigkeit, relative Feuchtigkeit, Lufttemperatur) liegt (Garner et al. 2017).

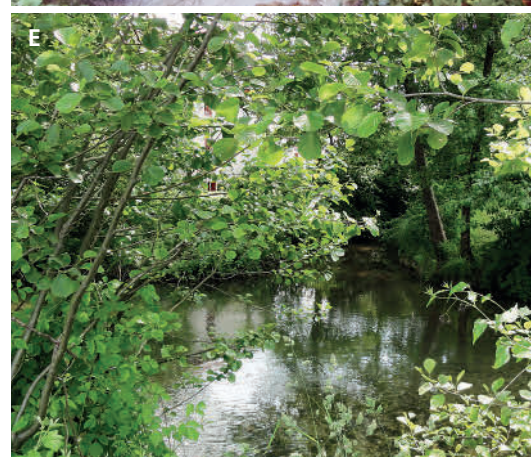
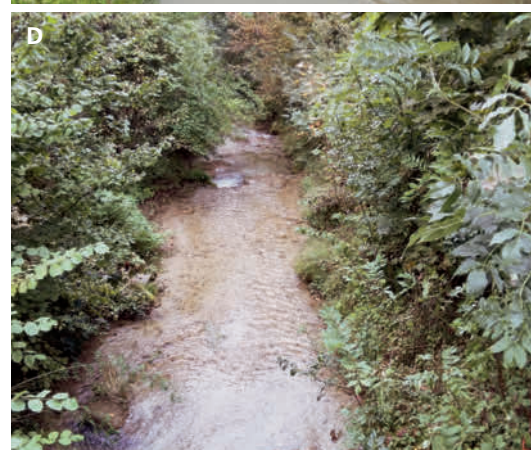
Nicht nur, dass die Temperatur im beschatteten Gewässer insbesondere im Sommer tiefer ist; wie Untersuchungen der EAWAG an der Orbe ergaben, nimmt die Wassertemperatur beim Durchfliessen

beschatteter Abschnitte auch ab (Moosmann et al. 2005). So konnte bei Niedrigabfluss auf einer 400 Meter langen, vollbeschatteten Fließsstrecke eine Reduktion der Maximaltemperatur um bis zu vier Grad festgestellt werden (*Abb. 4*). Abfluss und Fließgeschwindigkeit spielen dabei eine wichtige Rolle. Bei grösseren, schneller fließenden Bächen sind die Veränderungen weniger ausgeprägt als bei kleinen und langsam strömenden.

Für den Temperaturhaushalt eines Gewässers ist das Ausmass der Beschattung von entscheidender Bedeutung, da damit die direkte Sonneneinstrahlung beziehungsweise die kurzwellige Strahlung vom Wasserkörper ferngehalten wird. So konnte gezeigt werden, dass die Beschattung beispielsweise nur der Hälfte des Gewässers oder nur während eines halben Tages (abhängig von der Ausrichtung des Gewässerlaufs) in etwa den gleichen Effekt hat, wie die Halbierung der beschatteten Strecke (Moosmann et al. 2005).

Welcher Umfang an Beschattung ist jedoch erforderlich, um die sonnenbedingte Temperaturerhöhung auf ein erträgliches Mass zu beschränken? Broadmeadow et al. (2001) fanden, dass mit einer 20 bis 40 prozentigen Beschattung die Sommertemperaturen unter der lethalen Temperaturgrenze für Bachforellen blieben. Etwa 80 Prozent Beschattung waren dagegen notwendig, um Temperaturen zu verhindern, die über dem für das optimale Wachstum von Bachforellen angegebenen Bereich von vier bis 19 Grad (Elliott 1981) liegen. Die Autoren gehen

- ▶ **Abbildung 2:** Bilder unterschiedlicher Beschattungssituationen an Fließgewässern.
- A** Fehlende Beschattung.
- B** Bestockung im oberen Bereich der Böschung, kaum Schattenwirkung.
- C** Büsche in Gruppen gepflanzt. Kaum Schattenwirkung.
- D** Beidseitig dichte Bestockung schafft wirksame Beschattung.
- E** Beidseitige Bestockung und überhängende Äste schaffen wirksame Beschattung.



schliesslich davon aus, dass zum Schutz temperaturempfindlicher Arten eine noch stärkere Beschattung erforderlich ist.

**Beschattung bei Revitalisierungen und Wasserbauprojekten gestern und heute**

Revitalisierungen haben die Wiederherstellung der natürlichen Funktionen bei verbauten, korrigierten oder eingedolten Gewässern zum Ziel. Dies kann mit baulichen Massnahmen aber auch einem angepassten Unterhalt erfolgen. Es resultieren in der Regel auch bei Hochwasserschutzprojekten strukturreichere Gewässer, die so gestaltet sind, dass sie und der Gewässerraum gemäss Art. 37 Gewässerschutz- bzw. Art. 4 Wasserbaugesetz einer vielfältigen Tier- und Pflanzenwelt als Lebensraum dienen und eine standortge-

rechte Ufervegetation gedeihen kann. Damit die Bepflanzung des Uferbereichs als gewässergerecht bezeichnet werden kann, ist gemäss Modul Ökomorphologie des Modulstufenkonzeptes (BUWAL 1998) mindestens ein 25-prozentiger Flächenanteil von einheimischen Bäumen und Sträuchern im Uferbereich gefordert.

Die Betrachtung von ausgeführten Revitalisierungs- und Wasserbauprojekten zeigt, dass diese Vorgaben in keiner Weise die Entstehung naturnaher, stark beschatteter Gewässer garantieren. Vielmehr wurden oft parkartig gestaltete Gewässer geschaffen. Diese weisen zwar eine grössere Strukturvielfalt als zuvor auf, bereichern das Landschaftsbild und bieten Zugang für die erholungssuchende Bevölkerung.

Büsche und Bäume werden jedoch oft zu Gruppen formiert und irgendwo in den Gewässerraum gepflanzt – am liebsten fern des Gerinnes, damit sie den Abflussquerschnitt nicht verkleinern und nicht ins Wasser fallen können. Natürliche Gewässer, welche einen ausgewogenen Temperaturhaushalt aufweisen, sehen anders aus, wie einleitend erläutert.

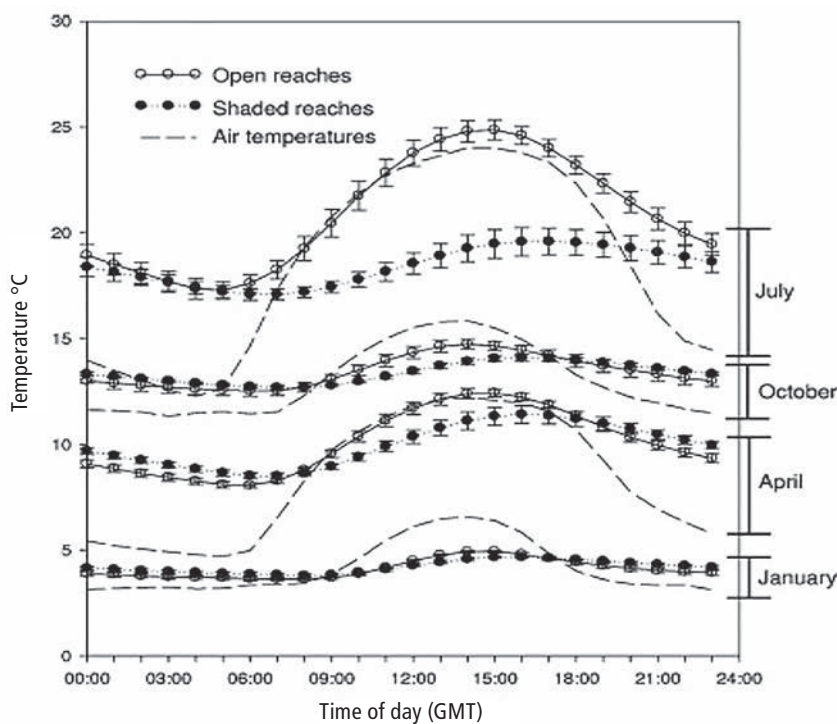
**Konsequenzen für künftige Revitalisierungen, Wasserbauprojekte und Unterhalt**

Um das Fortbestehen der Lebensgemeinschaften unserer Fliessgewässer im fortschreitenden Klimawandel zu gewährleisten, sind die Wassertemperaturen möglichst tief zu halten und den Wassertieren in kritischen Zeiten kühle Rückzugsorte zu bereiten. Bezüglich Revitalisierungen, Wasserbauprojekten und Unterhalt gilt es deshalb zwei zentrale Massnahmen zu fordern:

**1. Beschatten, Beschatten, Beschatten**

Wenn Fliessgewässer konsequent und zu einem grossen Teil stark beschattet werden, kann das Auftreten problematischer Wassertemperaturen reduziert oder verhindert werden. Als Richtgrösse sollten mindestens 80 Prozent der Wasserfläche dauerhaft unbesonnt bleiben. Diese Vorgabe gilt für kleine bis mittlere Gewässer bis rund zehn Meter Gerinnebreite. Bei diesen kann das Ziel mit direkt ans Gewässer gepflanzten Sträuchern und Bäumen und überhängenden Ästen erreicht werden. Bei grösseren und grossen Gewässern ist wenigstens der ufernahe Gerinnebereich so gut wie möglich zu beschatten. Eine Erwärmung des Wassers kann bei diesen jedoch zumindest alleine mit Beschattung nicht vermieden werden (auf andere temperatursenkende Massnahmen wird an dieser Stelle nicht eingegangen). Hingegen gelangt bei konsequenter Beschattung der Zuflüsse weniger stark erwärmtes Wasser in das grössere Gewässer und kühlt dieses mindestens partiell.

▼ Abbildung 3: Mittlerer Tagesverlauf der Wasser- (5 Stellen) und der Lufttemperatur (1 Stelle) in den Monaten Januar, April, Juli und Oktober 2006 für einen unbeschatteten und einen beschatteten Gewässerabschnitt (Standardfehler als senkrechte Klammern); Quelle: Broadmeadow et al. (2001).



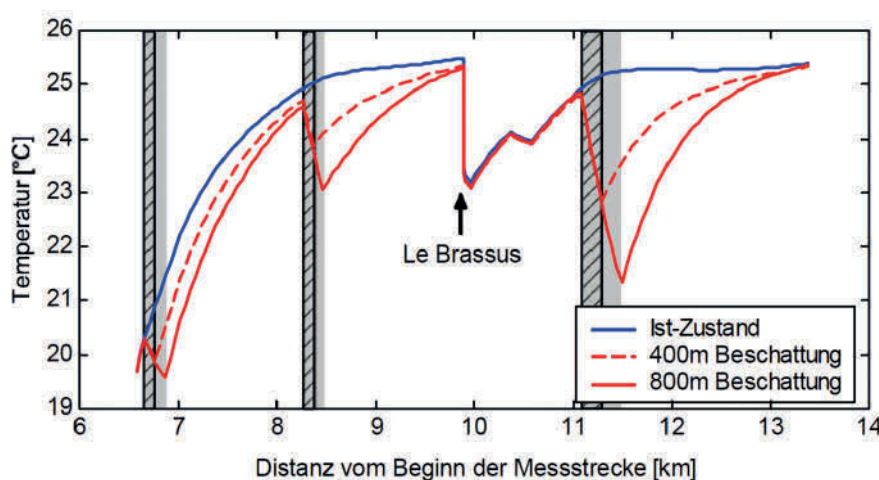
Um das Ziel einer effektiven Beschattung erreichen zu können, sind Bäume und Sträucher möglichst nahe an das aktive Gerinne zu pflanzen (Abb. 5). Dies erfordert allenfalls eine Erweiterung des in der Regel minimal ausgeschiedenen Gewässerraumes (was gemäss Art. 41a Abs. 3 Gewässerschutzverordnung möglich ist), da aus Hochwasserschutzgründen der notwendige Abflussquerschnitt auch mit Bestockung gewährleistet sein muss. Bei Dämmen, die aus Sicherheitsgründen in der Regel gehölzfrei sind, ist es somit angezeigt, die Bestockung innerhalb der Dämme vorzunehmen, beziehungsweise das Gewässerbett ausreichend breit vorzusehen.

Bei einem neu gestalteten Gewässer dauert es mehrere Jahre, bis die Entwicklung der Bestockung zu einem wirksamen Schattenwurf führt. In dieser Zeit besteht die Gefahr einer übermässigen Erwärmung des Wassers, so dass der neu geschaffene, morphologisch attraktive Lebensraum für temperatursensible Organismen zumindest im Sommer nicht zur Verfügung steht. 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-westausgerichtetem Gewässerverlauf das Südufer bepflanzt wird.

Auch beim Unterhalt ist auf eine ausreichende Beschattung zu achten. Gewässernah aufkommende Bäume und Sträucher sind zu erhalten und der Rückschnitt ist mit Augenmass und jeweils auf kurze Strecken zu beschränken.

## 2. Vernetzen

Von temperaturempfindlichen Tierarten wie etwa der Bachforelle oder der Äsche ist bekannt, dass sie bei thermischem Stress kälteres Wasser aufsuchen. Deshalb ist die Vernetzung insbesondere von grossen und grösseren Gewässern mit in der Regel kühleren (beschatteten) Zuflüssen



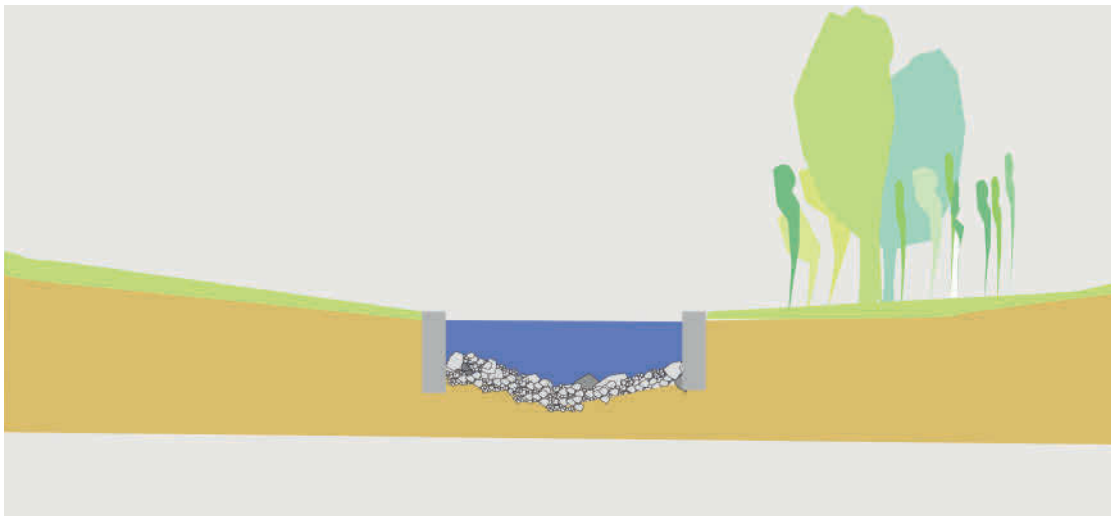
▲ Abbildung 4: Längsverlauf der Temperatur am 22. Juli 2004, 15:00 Uhr, mit und ohne Beschattung. Die schraffierten Zonen stellen die beschatteten Strecken im Szenario «400 Meter Beschattung», die grauen Zonen die beschatteten Strecken im Szenario «800 Meter Beschattung» dar. Le Brassus ist ein kühlender Zufluss. Quelle: Moosmann et al. (2005).

sen sicherzustellen. Hierzu ist ein sohlengleicher Übergang erforderlich; unüberwindbare Abstürze sind zu beseitigen.

### Rechtliche Grundlagen für die Bestockung von Fließgewässern

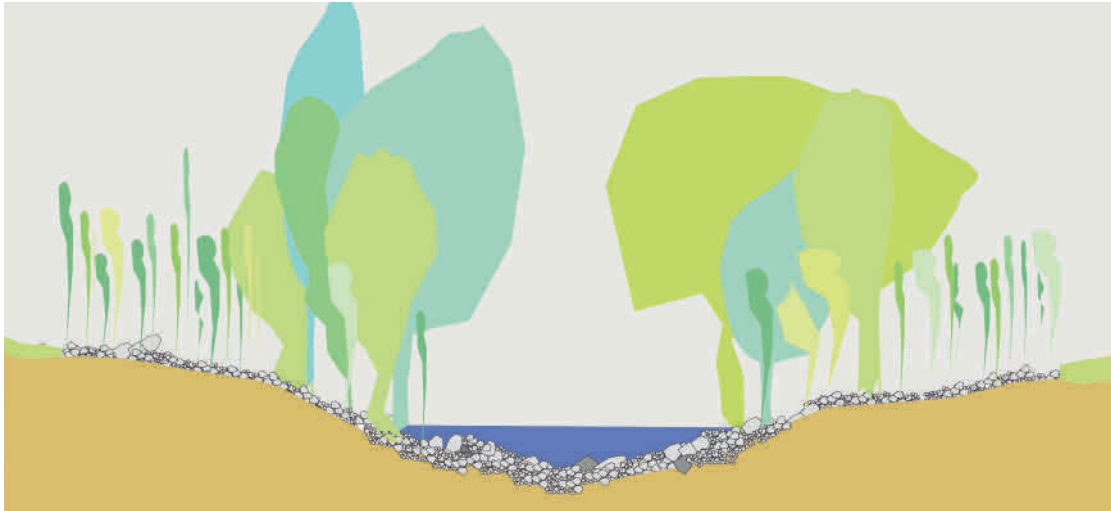
Die Gewässerschutzverordnung Art. 41c verlangt bezüglich Gewässerraum eine extensive Gestaltung und Bewirtschaftung. Die Pflicht zur gewässergerechten Gestaltung (Art. 37 GSchG) ergibt sich erst bei wasserbaulichen Eingriffen. Faktisch bedeutet dies, dass ein Grossteil der Gewässer mit landwirtschaftlicher Nutzung bis unmittelbar ans Gewässer auch künftig im Sommer stark erwärmt wird. In Zeiten des Klimawandels gilt es nun, auch diese Gewässer zu beschatten und kühl zu halten. Die rechtlichen Grundlagen hierzu sind vorhanden:

- Gemäss Art. 9 des Bundesgesetzes über die Fischerei haben die Fischereibehörden unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten und allfälliger anderer Interessen alle Massnahmen vorzuschreiben, die geeignet sind, günstige Lebensbedingungen für Wassertiere zu schaffen hinsichtlich (Pkt. 5) der Wassertiefe und -temperatur. Dies gilt für neue Anlagen, gemäss Art. 10 BGF jedoch auch für bestehende Anlagen, sofern die Massnahmen wirtschaftlich tragbar sind. Letzteres ist heute im Landwirtschaftsgebiet der Fall: Der Gewässerraum darf ohnehin nur noch extensiv bewirtschaftet werden und Ufergehölze sind über Direktzahlungen deutlich bessergestellt als Uferwiesen.
- Gemäss Art. 21 NHG sorgen die Kantone dafür, dass fehlende Ufervegetation angelegt wird oder die Voraussetzungen für deren Gedeihen geschaffen werden.

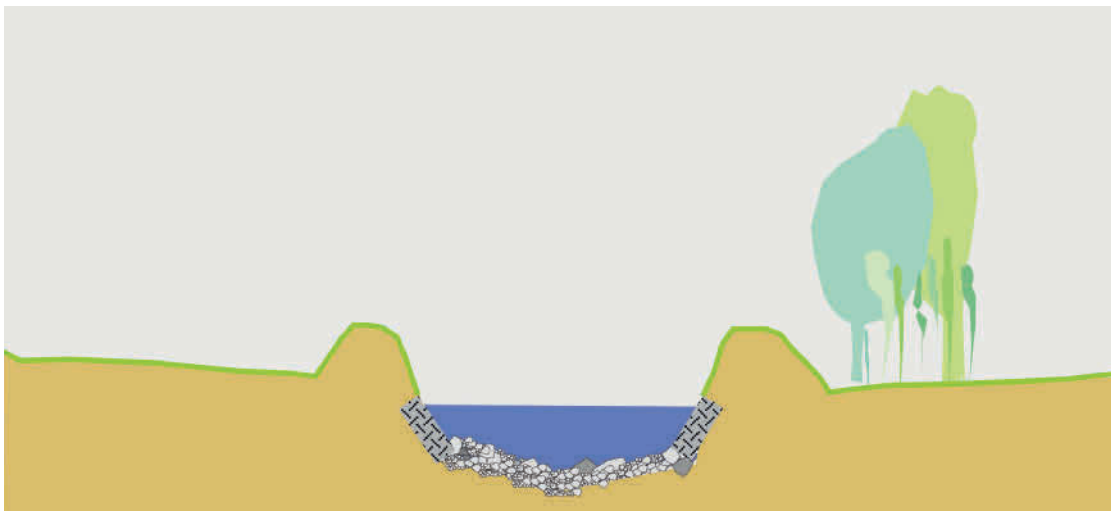


◀ Abbildung 5:  
Morphologische  
Veränderungen  
an Fließgewässern  
zur Förderung  
der Beschattung.

Verbautes Gewässer,  
Bestockung fehlend  
oder gewässerfern;  
Beschattung kaum  
vorhanden.



Naturnahes Ufer  
mit Bestockung  
direkt am  
Gewässer; starke  
Beschattung.



Dammsituation,  
verbautes Gewässer,  
Bestockung fehlend  
oder gewässerfern;  
Beschattung kaum  
vorhanden.



Naturnahes Ufer  
mit Bestockung  
direkt am  
Gewässer; starke  
Beschattung.



### Fredy Elber

Dr. phil. II Biologie Uni Zürich, ist Geschäftsleiter von AquaPlus. Nach dem Studium gründete er AquaPlus und nahm

eine Lehrtätigkeit an der Uni Zürich und Basel auf. Er ist Mitglied der Fachkoordination Wasserkraft des VUE, welche das Ökostromlabel naturemade vergibt, und war von 2011–2015 Leiter des Centre de Compétence des VSA. Seine Schwerpunkte sind Gewässerökologie, Umweltverträglichkeitsprüfung, Revitalisierung und Siedlungsentwässerung.



### Tino Stäheli

Dipl. Umwelt-Natw. ETH, ist Teil der erweiterten Geschäftsleitung bei AquaPlus. Seine Schwerpunkte sind

Umweltverträglichkeitsprüfung, Revitalisierung, hydrologische Gewässernutzung und Seeufer.



### Mathieu Camenzind

MSc Biologie Uni Zürich, ist Teil der erweiterten Geschäftsleitung bei AquaPlus.

Seine Schwerpunkte sind Fischökologie, hydrologische Gewässernutzung, Drohnen (UAV) und Tauchuntersuchungen.

AquaPlus ist seit 1990 Partner für Beratung und Planung mit Schwerpunkt Gewässer und begleitet Projekte in allen Belangen der Ökologie.

## Fazit

In Zeiten des Klimawandels gilt es, die Fließgewässer ähnlich dem ursprünglich bewaldeten Zustand stark zu beschatten, um die Wassertemperatur in Hitzeperioden möglichst tief halten und so das Überleben der temperatursensitiven Organismen gewährleisten zu können. Mit einer gewässernahen, mehr oder weniger durchgehenden Bestockung kann dieses Ziel am effektivsten erreicht und gleichzeitig eine ökologische Aufwertung beziehungsweise Revitalisierung vorgenommen werden. Die rechtlichen Grundlagen sind vorhanden, um sowohl bei Wasserbauvorhaben (Revitalisierungen und Hochwasserschutzprojekte) als auch ohne zusätzlichen Anlass, Gewässer zu bestocken. Es braucht nur noch die Umsetzung. ♣

## Literatur

- Broadmeadow, S. B., J. G. Jones, T. E. L. Langford, P. J. Shaw and T. R. Nisbet (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.
- BUWAL (1998). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz. Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. 49 S.
- Elliott, J. M. (1981). Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In *Stress and Fish* (A. D. Pickering, ed), pp. 209–245. London: Academic Press.
- Garner, G., I. A. Malcolm, J. P. Sadler, D. M. Hannah (2017). The role of riparian vegetation density, channel orientation and water velocity in determining river temperature dynamics. *Journal of Hydrology* 553: 471–485.
- Küttel, S., A. Peter & A. Wüest (2002). Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rohne Revitalisierung, Publikation Nr. 1. 34 S. und Anhang.
- Moosmann, L., M. Schmid & A. Wüest (2005). Einfluss der Beschattung auf das Temperaturregime der Orbe. EAWAG Kastanienbaum. 27 S.

## AquaPlus AG

Gotthardstrasse 30  
6300 Zug  
041 729 30 00  
fredy.elber@aquaplus.ch  
tino.staeheli@aquaplus.ch  
mathieu.camenzind@aquaplus.ch