

## Newsletter 01/2017

### Von frühreifen Dorschen und guten Vätern – oder wie Fischerei die Evolution von Fischpopulationen beeinflussen kann

*Die Eigenschaften von Pflanzen, Tieren und allen anderen lebenden Organismen wurden und werden durch Evolution geprägt: Merkmale, die ihrem Träger einen Vorteil versprechen, werden mit der Zeit häufiger, weniger nützliche Merkmale werden von der natürlichen Auslese ausgemerzt. In der Fischerei werden zum Beispiel schnell wachsende oder aggressive Fische oftmals viel häufiger gefangen als ihre langsamer wachsenden oder zurückhaltenden Artgenossen. Aufgrund dieser selektiven Entnahme kann die Fischerei die evolutionären Prozesse von befischten Fischpopulationen beeinflussen und Eigenschaften wie langsameres Wachstum oder reduzierte Aggressivität fördern. Mittlerweile machen zahlreiche wissenschaftliche Studien deutlich: Die Fischerei sollte als mögliche Ursache nicht ausgeblendet werden, wenn es darum geht, Veränderungen der Eigenschaften von befischten Fischpopulationen über die Zeit zu verstehen.*

Während Jahrhunderten wurde der Dorsch oder Kabeljau (*Gadus morhua*) im nördlichen Atlantik sehr stark befischt. In den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts, auf dem Höhepunkt der industriellen Dorschfischerei, wurden die Fische allmählich kleiner. Und, verglichen mit früher, pflanzten sie sich immer häufiger schon als Halbwüchsige fort. Zur selben Zeit waren auch die Fangzahlen massiv eingebrochen und die Fischerei auf manche Dorschpopulationen musste vorübergehend geschlossen werden. Der Dorsch ist zum unrühmlichen Paradebeispiel für die Überfischung der Meere geworden. Doch nicht nur das: Er ist auch zu einem Lehrbuchbeispiel für sogenannte „Fisheries-induced-Evolution“ geworden, Evolution als Antwort auf die Fischerei.

*„Live fast and die young“*

Früher wuchsen Dorsche oft zu über einen Meter langen Kolossen heran. Derart grosse Weibchen können für die Fortpflanzung mehrere Millionen Eier produzieren und Fressfeinde haben Dorsche dieses Kalibers praktisch keine mehr. Mit steigendem Fischereidruck waren zunehmend diejenigen Fische im Vorteil, die ihre Energie schon in jungem Alter in die Fortpflanzung statt ins Wachstum investierten. Sie pflanzten sich häufiger erfolgreich fort als ihre Artgenossen, die ins Wachstum investierten und deshalb oft schon gefangen wurden, bevor sie überhaupt geschlechtsreif wurden. Obwohl die frühreifen Dorsche aufgrund ihrer geringeren Körpergrösse weniger Eier produzierten als die Kapitalen, wurde ihre Strategie – frühe Geschlechtsreife statt Wachstum – in den stark befischten Dorschpopulationen zum Vorteil und setzte sich allmählich durch (Abbildung 1). Aber nicht nur Dorsche sind davon betroffen: Frühe Reife und verlangsamtes Wachstum gehört zu den am häufigsten beobachteten Antworten von stark befischten Fischpopulationen auf die Fischerei. Ähnliche Veränderungen wurden zum Beispiel auch bei Schollen, Heringen und anderen fischereilich wichtigen Meeresfischen beobachtet und auf die Fischerei zurückgeführt.



Abbildung 1: Dorsche werden immer früher geschlechtsreif. Beide Fische auf diesem Bild, auch das nur ungefähr 20 cm grosse Individuum, haben ihre Geschlechtsreife erreicht. Die immer frühere Reife der Dorsche ist wohl auf den hohen Fischereidruck zurückzuführen. Foto zur Verfügung gestellt von Dr. Jan Steffen, Geomar, Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel.

### Verlorene Gene?

Merkmale wie das Alter bei Erreichen der Geschlechtsreife oder die Wachstumsgeschwindigkeit werden bei Fischen meistens von den herrschenden Umweltbedingungen mitbeeinflusst. In Jahren mit günstigen Bedingungen wachsen Fische schneller und wenn Fische schnell wachsen, pflanzen sie sich tendenziell in jüngerem Alter fort. Solche mit dem Wachstum oder der Fortpflanzung in Zusammenhang stehende Merkmale sind aber nicht nur von der Umwelt abhängig, sondern haben oft auch eine genetische Komponente. Das heisst, sie werden von den genetischen Eigenschaften eines Fisches mitbestimmt und an dessen Nachkommen vererbt. Nachkommen von frühreifen Fischen werden aufgrund ihrer geerbten, genetischen Eigenschaften häufiger in jungem Alter geschlechtsreif als Nachkommen von spät-reifen Fischen.

Die bei Dorschen, Heringen oder Schollen beobachteten Veränderungen in Wachstums- und Reifemustern gehen also sehr wahrscheinlich Hand in Hand mit Veränderungen der genetischen Eigenschaften der Fischpopulationen: In stark befischten Populationen werden Gene, die für späte Reife und langes Wachstum kodieren, seltener oder gehen gar vollständig verloren. Dies hat zur Folge, dass eine Rückkehr zu den vorherigen genetischen Eigenschaften nicht ohne weiteres möglich ist. Im Beispiel der Dorsche sind die Fische nach der überfischungsbedingten Schliessung der Fischerei in den 90er Jahren bis heute nicht wieder später reif geworden und schneller gewachsen. Möglicherweise fehlt ihnen heute die genetische Ausstattung dafür. Übersetzt könnte man sagen, dass in der Bibliothek der genetischen Eigenschaften der Dorsche Bücher fehlen.

### Konsequenzen für Fischerei, Genetik und das Ökosystem

Die Folgen der evolutionären Veränderungen der Dorsche als Antwort auf die Fischerei sind vielfältig. Wenn Fische ihre Energie in jüngerem Alter in die Fortpflanzung und nicht mehr ins Wachstum investieren, kann dies nicht nur zu tieferen fischereilichen Erträgen und entsprechenden ökonomischen und gesellschaftlichen Problemen führen, sondern auch die Anpassungsmöglichkeiten der Fische verringern: Durch den Verlust von Genen, die Wachstum- und Fortpflanzungsmuster beeinflussen, sinkt wahrscheinlich auch die Kapazität der Dorsche, durch Evolution auf zukünftige Umweltveränderungen reagieren zu können. Und schliesslich haben die Überfischung und

möglicherweise auch die veränderten Wachstums- und Fortpflanzungsverhältnisse der Dorsche weitreichende Folgen für die Nahrungsnetze und das Funktionieren des Lebensraumes Meer.

#### *Evolutionäre Antwort auf die Fischerei auch in Schweizer Seen*

Wenn die Fischerei stark grössenselektiv ist - grosse und schnell wachsende Fische viel häufiger gefangen werden als kleinere und langsam wachsende Fische - werden frühe Reife und verlangsamtes Wachstum weiter begünstigt. Folglich steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich Wachstums- und Fortpflanzungsstrategien der Fische verändern. Die Fischerei mit Kiemennetzen in Schweizer Seen gehört zu denjenigen Fischereitechniken, die stark grössenselektiv fangen: Zu kleine Fische schwimmen ganz einfach durch die Maschen der Netze hindurch, ohne sich darin zu verfangen.

In den letzten paar Jahren haben mehrere wissenschaftliche Arbeiten untersucht, ob die Fischerei bei Schweizer Felchen zu veränderten Wachstums- und Fortpflanzungsstrategien führt. Dabei zeigten Forschende der Universität Konstanz, dass im Bodensee eine Abnahme in der Fruchtbarkeit der Felchen wahrscheinlich auch mit der grössenselektiven Fischerei in Zusammenhang steht. Wissenschaftler der Universität Lausanne schätzten, dass am Lac de Joux ein Drittel des zwischen 1980 und 2005 beobachteten Wachstumsrückgang der Felchen auf durch die Fischerei hervorgerufene evolutionäre Anpassung zurück zu führen sei. Ähnliche Resultate erzielten dieselben Forscher für zwei Felchenarten des Brienersees.

#### *Alternative Erklärungen?*

Eine grosse Herausforderung bei solchen Studien ist mit Sicherheit festzustellen, ob die beobachteten Veränderungen wirklich auf eine in den Genen der Fische gespeicherte Anpassung an die Fischerei zurückzuführen ist (Evolution) oder ob es sich auch um nicht-genetische Anpassungen handeln könnte (sogenannte phänotypische Plastizität). Grundsätzlich gelten nicht-genetische Veränderungen als weniger problematisch, weil sie durch Anpassung der Fischereipraxis einfacher rückgängig zu machen sind.

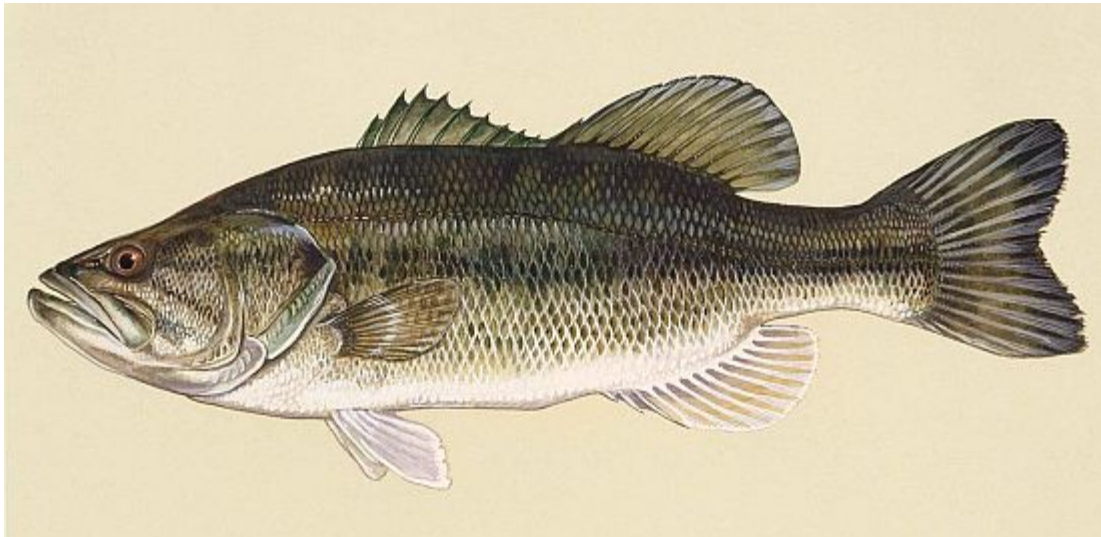
Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, zu unterscheiden ob eine Veränderung in der Grösse (oder der Fruchtbarkeit) der Fische tatsächlich auf die Fischerei zurückzuführen ist oder ob eine andere Ursache wie zum Beispiel eine zeitgleiche Temperaturveränderung dafür verantwortlich sein könnte. Dank raffinierten Methoden und recht komplexen statistischen Verfahren ist eine solche Unterscheidung für Wissenschaftler in vielen Fällen möglich.

Insgesamt führen detaillierte Untersuchungen verschiedener Fischpopulationen und ihrer Umwelt, kombiniert mit überzeugenden Labor-Experimenten und mathematischen Modellen zu einer ziemlich erdrückenden Indizienlast: Evolution als Antwort auf die Fischerei ist real und die Fischerei darf als mögliche Ursache nicht ausgeblendet werden, wenn es darum geht, Veränderungen in Verhalten, Wachstumsraten und Fruchtbarkeit befischter Fischpopulationen über die Zeit zu verstehen und zu erklären.

## *Evolution durch Angeln?*

Auch vor der Angelfischerei macht die Evolution als Antwort auf die Fischerei wohl nicht Halt: Diverse wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass erkundungsfreudige Fische öfter an den Haken gehen, als ihre vorsichtigeren Artgenossen. Andere Experimente zeigen, dass Charaktereigenschaften wie „erkundungsfreudig sein“ oder „vorsichtig sein“ teilweise in den Genen der Fische gespeichert sind und vererbt werden. Werden diese Erkenntnisse kombiniert, muss davon ausgegangen werden, dass Angeln bei Fischen eine im Erbgut gespeicherte Veränderung in Richtung schüchternere und vorsichtigere Fische verursachen kann.

Eine Serie von Untersuchungen aus den USA demonstriert das Zusammenspiel von Evolution und Angelfischerei anhand von Forellenbarschen (*Micropterus salmoides*) besonders überzeugend (Abbildung 2). Forellenbarsche sind Raubfische, die natürlicherweise in Seen in Nordamerika zu finden sind. Heute sind sie aufgrund ihrer Attraktivität für die Fischerei und Besatzmassnahmen auch in zahlreichen Gewässern ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes zu finden. Vor der Laichzeit bauen die Fische Nester, welche sie während der Entwicklungszeit der Eier und der jungen Fischlein bewachen und gegen mögliche Bruträuber verteidigen.



*Abbildung 2: Forellenbarsche bauen Nester und betreiben Brutpflege. Wissenschaftliche Untersuchungen deuten darauf hin, dass gerade die besten Väter besonders oft an die Angel gehen und dies zu evolutionären Veränderungen im Brutpflege-Verhalten von stark befischten Forellenbarsch-Populationen führt. Abbildung von Raver Duane, U.S. Fish and Wildlife Service*

## *Gute Väter beißen öfter*

In einem fast 30-Jahre dauernden Experiment konnten Forschende aus den USA zeigen, dass die Aggressivität der Forellenbarsche eine genetische Komponente hat, also vererbt wird. Dazu setzten sie individuell markierte Forellenbarsche in mehrere künstliche Angelteiche und befischten sie während einer Saison, auch während der Laichzeit. Gefangene Fische wurden wieder zurück gesetzt und dank der Markierung konnte für jeden Fisch genau verfolgt werden, wie oft er während einer Angelsaison an den Haken ging. Während der Fortpflanzungsperiode attackieren Forellenbarsche die Köder in erster Linie aus Aggressivität, weil sie Eindringlinge von ihrem Territorium und ihrem Nest fernhalten möchten. Die Häufigkeit mit der ein Fisch gefangen wurde, ist also weniger ein Hinweis dafür wie hungrig dieser Fisch war, sondern eher dafür, wie aggressiv er ist.

Nach abgelaufener Fangsaison wurden die Forellenbarsche in zwei Gruppen unterteilt: Die eine Gruppe bestand aus Fischen, die im Vorjahr mehr als fünf Mal gefangen wurden („aggressive Gruppe“) und die andere Gruppe aus Fischen, die in der vorhergehenden Saison nie gefangen wurden („nicht-aggressive Gruppe“). Fische beider Gruppen wurden danach getrennt weitergebrütet und ihr Nachwuchs wurde wiederum individuell markiert. Diese Nachkommen wurden als einjährige Fische dann in die Angelteiche gesetzt und ein paar Jahre später experimentell befischt, um sie für die Weiterzucht wiederum in besonders aggressive und besonders zurückhaltende Individuen einzuteilen. Dieses künstliche Ausleseverfahren wurde insgesamt drei Mal wiederholt. Anschliessend wurden zahlreiche Merkmale der Fische beider Gruppen miteinander verglichen, um zu prüfen, ob bei Forellenbarschen evolutionäre Veränderungen durch Angeln hervorgerufen werden können.

Die Resultate zeigten ein klares Bild: Fische der aggressiven Gruppe hatten einen deutlich erhöhten Ruhepuls und mussten mehr Futter zu sich nehmen, um ihr Gewicht zu halten als Fische der nicht-aggressiven Gruppe. Zudem verteidigten die aggressiven Fische ihr Nest in Experimenten konsequenter gegen Nesträuber und kehrten nach einem Angriff gegen einen möglichen Nesträuber deutlich schneller wieder zu ihrem Nest zurück als die nicht-aggressiven Fische. Aber das war noch nicht alles: In Partnerwahl-Experimenten pflanzten sich wilde Forellenbarschweibchen bevorzugt mit Männchen der aggressiveren Gruppe fort und diese Paarungen brachten mehr Nachwuchs hervor als Paarungen mit nicht-aggressiven Fischen. Kurz und gut: Fische der aggressiveren Gruppe sind die besseren Väter als Fische der nicht-aggressiven Gruppe.

Die Autoren gingen noch einen Schritt weiter und prüften, ob die Resultate ihrer Experimente auch unter natürlichen Bedingungen von Bedeutung sein könnten. Dafür untersuchten sie acht Seen mit unterschiedlichem Fischereidruck, beobachteten schnorchelnd über 500 Nester von wilden Forellenbarschen und bewerteten die Aggressivität der Männchen. Basierend auf den Beobachtungen während den Experimenten erwarteten die Forscher einen Zusammenhang zwischen der Aggressivität der Fische und dem Fischereidruck, den die Fische in der Vergangenheit erfahren hatten. Ihre Voraussagen trafen ins Schwarze: In nicht befischten Seen waren die Forellenbarsche deutlich aggressiver als in Seen mit Angelfischerei. Es scheint, als hätte die Angelfischerei auch in der Natur tiefere Aggressivität gefördert und so aus guten Vätern weniger gute Väter gemacht.

### *Frühreife Forellen?*

Kommt durch die Angelfischerei ausgelöste Evolution auch bei Fischen in der Schweiz vor? Wenn man bedenkt, wie stark bei uns zum Beispiel Forellen befischt werden, würde dies nicht überraschen. Ähnlich wie bei den Dorschen könnten in stark befischten Populationen diejenigen Forellen begünstigt werden, die schon in jungem Alter und vor Erreichen des Schonmasses geschlechtsreif werden. In diesem Zusammenhang scheint es wichtig, die Grösse-Reife-Zusammenhänge möglichst vieler Populationen genau zu untersuchen, um Gewässer-spezifische Schonmasses festzulegen. Zur Zeit bleiben diese Ausführungen aber Spekulation, wissenschaftliche Untersuchungen über mögliche evolutionäre Antworten der Fischpopulationen auf die Angelfischerei und deren Folgen fehlen in der Schweiz noch.



### *Mögliche Massnahmen*

Die möglichen Folgen von ungewollten evolutionären Veränderung als Antwort auf die Fischerei sind vielfältig und schliessen einen Verlust von genetischer Vielfalt und kleinere fischereiliche Erträge mit ein. Für Fischereimanager kann es sich also lohnen, die Fischereivorschriften im Hinblick auf die in diesem Artikel beschriebenen Erkenntnissen zu überprüfen.



*Abbildung 3: Wissenschaftliche Studien über den Nutzen von Fischerei-Schongebieten gibt es bisher vor allem aus Schutzgebieten in Meeren. Untersuchungen über die Folgen von Schutzgebieten im Süsswasser und in Fliessgewässern sind heute noch Mangelware. Foto von Samuel Gerhard, Kanton Aargau*

Die Gefahr von durch die Fischerei ausgelösten evolutionären Veränderungen ist besonders hoch, wenn der Fischereidruck gross ist. Grundsätzlich wird das Risiko dafür also durch Massnahmen gesenkt, die den Fischereidruck reduzieren. Weiter sinkt die Gefahr auch, wenn die Selektivität der Fischerei reduziert wird. Mit Zwischenschonmasse können beispielsweise auch schnell-wachsende Fische geschützt werden. Oder bei den Forellenbarschen in Nordamerika sollten während der Fortpflanzungsperiode Schonzeiten verhängt werden, damit besonders aggressive Fische (und gute Väter) weniger häufig gefangen werden. Gemäss theoretischen Betrachtungen und mathematischen Modellen gilt auch die Schaffung von Fischerei-Schongebieten (Abbildung 3) als eine vielversprechende Massnahme, um die Gefahr von ungewollten evolutionären Veränderungen zu senken. Werden Schongebiet geschaffen, können in räumlich definierten Zonen die natürlich herrschenden Selektionsdrücke spielen und so hat die Fischerei insgesamt einen schwächeren Einfluss auf die Evolution der Fische. Diverse wissenschaftliche Untersuchungen in Schutzgebieten in Meeren berichten auch von positiven Effekten von Fischereischongebieten auf die Häufigkeit von Fischen, die Altersstruktur von Fischpopulationen und die fischereilichen Erträge ausserhalb von Schongebieten.

*Bänz Lundsgaard-Hansen und Corinne Schmid, FIBER*

## Referenzliste

Dieser Artikel basiert auf zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen. Eine Auswahl ist hier aufgelistet. Die Artikel (in englischer Sprache) werden auf Anfrage gerne zugestellt.

Detecting and managing fisheries-induced evolution, A. Kuparinen & J. Merilä, 2007, erschienen in Trends of Ecology and Evolution.

Fisheries-induced evolution in largemouth bass: linking vulnerability to angling, parental care, and fitness, D. P. Philipp et al., 2015, erschienen im Tagungsband des American Fisheries Society Symposium.

Fishery-induced selection on Alpine whitefish: quantifying genetic and environmental effects on individual growth rate, S. Nusslé et al., 2008, erschienen in Evolutionary Applications.

Human-induced changes in the reproductive traits of Lake Constance common whitefish (*Coregonus lavaretus*), G. Thomas et al., 2009, erschienen in Journal of Evolutionary Biology.

## Exkursion: Auf der Spur von Äschenlarven am 22. April 2017

Dieses Jahr geht es zum zweiten Mal an die Aare bei Rubigen um die stecknadelgrossen Äschenlarven zu beobachten und kartieren. Wo gefällt es den jungen Äschen besonders gut? Warum sind natürliche Flussufer für die Äschen so wichtig? Wie und wieso werden die Äschenlarven kartiert? Diesen und weiteren Fragen wollen wir während dieser Exkursion zusammen mit Joachim Guthruf auf den Grund gehen.



## Personelle Neuigkeiten

Nach vier interessanten Jahren verabschiedet sich Bänz Lundsgaard-Hansen von FIBER und stellt sich ab März 2017 beim Bundesamt für Umwelt in der Sektion Wasserqualität neuen beruflichen Herausforderungen. Die FIBER wird weiter von einem Leiterteam geführt, als Ergänzung zu Corinne Schmid soll möglichst bald ein neuer Co-Leiter/eine neue Co-Leiterin angestellt werden.

## **Jahresbericht FIBER 2016**

Kurse, Exkursionen, Vorträge und populärwissenschaftliche Artikel - die FIBER war auch im Jahr 2016 an diversen Fronten aktiv.

Die Details finden Sie im Jahresbericht 2016.

## **Fisch des Jahres 2017: Das Bachneunauge**

Kaum bekannt, voller Rätsel, existenziell bedroht: Das Bachneunauge ist Fisch des Jahres 2017! Der Schweizerische Fischerei-Verband SFV setzt mit der Wahl des kleinen, unscheinbaren Bachneunauges ein starkes Zeichen. Ohne natürliche oder revitalisierte Gewässer verliert die Schweiz immer mehr Fischarten – bekannte wie unbekannt!



## **Eawag: Zusammenfassungen Masterarbeiten der Abteilung Fischökologie und Evolution**

### **Masterarbeiten Eawag**

In der Abteilung „Fischökologie und Evolution“ der Eawag hat letztes Jahr Alba Stamm im Rahmen ihrer Masterarbeit ein spannendes Forschungsprojekt durchgeführt. Dabei hat sie die Engadiner Forellen etwas genauer unter die Lupe genommen...

### **Forellentreffpunkt Engadin**

*Masterarbeit von Alba Stamm (Eawag und Universität Zürich)*

Hat man im Engadin eine Forelle am Haken lässt sich schwer vorhersagen, wie diese aussehen wird: Sie kann viele oder gar keine rote Punkte haben, viele grosse dunkle Punkte oder nur ein paar wenige davon. Woher kommt diese Vielfalt an Erscheinungsbildern? Liegt es daran, dass im Engadin mehrere sehr alte Evolutionslinien von Forellen aufeinandertreffen?

Vor über einer halben Million Jahren haben sich die Forellen in Europa in sieben Evolutionslinien aufgespalten. In der Schweiz sind Forellenarten von fünf verschiedenen Linien vertreten (Abbildung 1). Im Engadin treffen zwei davon aufeinander: Der Inn und seine Zuflüsse sind Teil des Donaueinzugsgebiet und haben ursprünglich Forellen der Donaulinie beherbergt. Forscher der Uni Graz konnten jedoch nachweisen, dass die Atlantische Forelle auf natürliche Weise ins Donau-System



gelangen und grosse Teile dieses Einzugsgebietes besiedeln konnte. Bis 1991 war es zudem erlaubt, Forellen für Besatzmassnahmen auszusetzen ohne ihre geographische Herkunft - und somit ihre Artzugehörigkeit - zu berücksichtigen. Im Engadin wurden über Jahrzehnte Marmorata, Adriatische und Atlantische Forellen in die Gewässer eingesetzt.

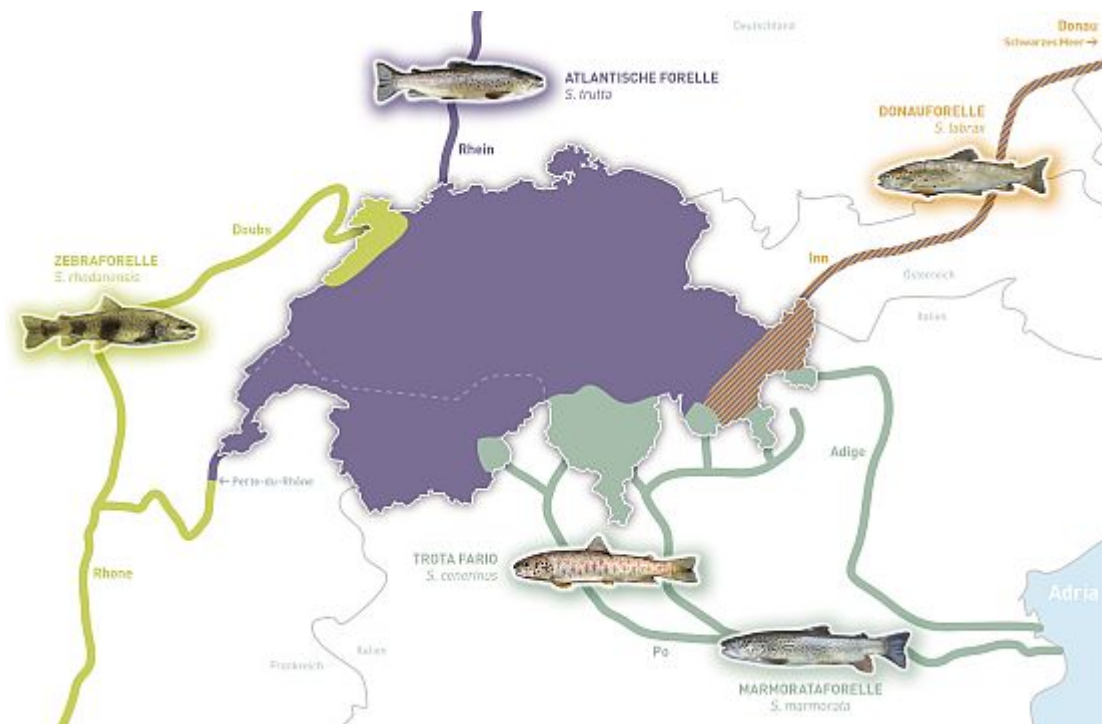


Abbildung 1: Übersicht über die verschiedenen Einzugsgebiete der Schweiz und die ursprünglich darin vorkommenden Forellenarten. Die Atlantische Forelle besiedelte das Rheineinzugsgebiet und Teile des Einzugsgebietes des Genfersees. Die ‚gestreifte‘ Zebraforelle findet man im Einzugsgebiet des Doubs und die Donauforelle im Donaueinzugsgebiet. Im Tessin und in südlichen Tälern der Kantone Graubünden und Wallis findet man die Adriatische Forelle und die Marmorforelle, die zusammenhängende und zu ‚Flecken‘ verbundene Punkte aufweist. Abbildung aus der FIBER-Broschüre „Forellen in der Schweiz“

Was passiert nun, wenn Arten unterschiedlicher Linien nach vielen tausenden bis Millionen von Jahren der Isolation wieder aufeinander treffen? Pflanzen sie sich untereinander fort oder haben sich schon zu starke Unterschiede zwischen ihnen entwickelt? Gibt es vielleicht noch Populationen, die unberührt sind und dringend geschützt werden sollten?

Um diesen Fragen etwas genauer auf den Grund zu gehen, habe ich während meiner Masterarbeit im Rahmen des Projekts „Progetto Fiumi“ der Eawag, welches die Fischvielfalt der Schweizer Flüsse erfasst, 722 Forellen aus 23 Gewässern im Kanton Graubünden untersucht. Die bei Elektroabfischungen gefangenen Forellen wurden unter anderem in einem Plexiglasbehälter fotografiert und Gewebeproben entnommen. Anhand der Fotos konnte ich die unterschiedlichen Erscheinungsbilder der Forellen untersuchen und mithilfe der gesammelten Gewebeproben und sogenannten Mikrosatellitenmarkern ihr Erbgut im Labor analysieren.

Die genetischen Analysen zeigen, dass in den von uns untersuchten Populationen im Engadin tatsächlich eine Vermischung der Forellenarten unterschiedlicher Linien stattgefunden hat und diese nicht mehr rein vorkommen. Im Erbgut der untersuchten Forellen konnte ich Anteile von der Donauforelle, der Atlantischen Forelle, der Adriatischen und der Marmorforelle nachweisen. Ob sich die Donauforelle und die Atlantische Forelle natürlicherweise vermischt hatten oder ob erst

Besatzmassnahmen zu einer Vermischung der beiden Arten führten, bleibt offen. Dass sich die Forellenarten nach über einer halben Million Jahren der Trennung aber immer noch vermischen können zeigt einmal mehr, dass die Evolution von genetischen Isolationsmechanismen sehr lange braucht. Oder sogar noch länger: Rotaugen und Brachsen können sich zum Beispiel sogar noch nach ca. 20 Millionen Jahren der Isolation vermischen!

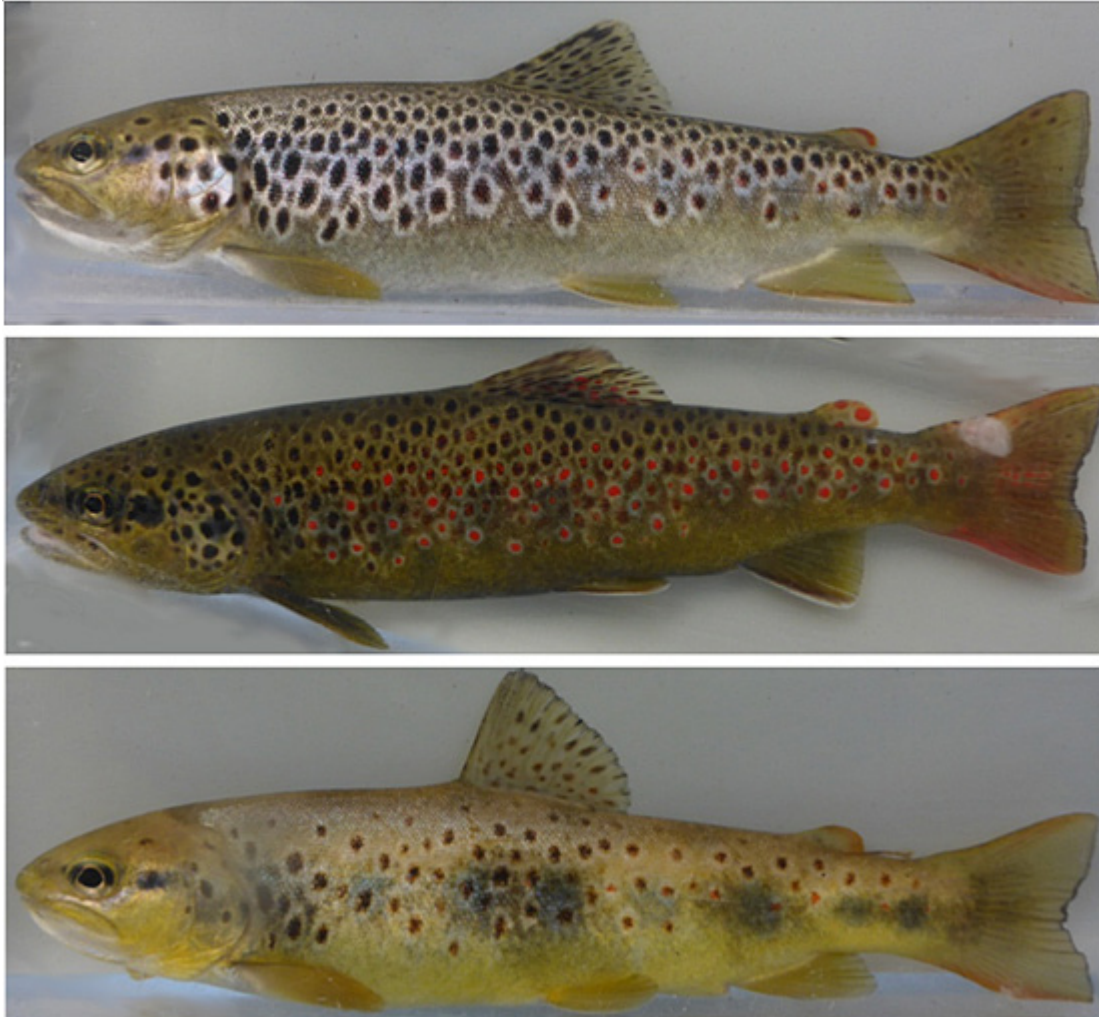


Abbildung 2: Unterschiedliche Erscheinungsbilder dreier Forellen, die im Inn bei Samedan gefangen wurden. Fotos: EAWAG

Die Analyse der Fotos zeigt, dass die Forellen im Engadin tatsächlich ein grösseres Spektrum an verschiedenen Erscheinungsbildern aufzeigen als Forellen aus dem Rhein- oder Poeeinzugsgebiet (Beispiel vom Inn bei Samedan, Abbildung 2). Vor allem der Anteil an roten Punkten reicht von vielen Individuen ohne rote Punkte, also nur schwarzgetupften, bis zu Individuen mit fast ausschliesslich roten Punkten. Besonders speziell und erwähnenswert sind auch die Forellen aus dem Silsersee, die im Vergleich zu anderen Seepopulationen nicht das ansonsten oft typische silbrige Erscheinungsbild zeigen, sondern sehr unterschiedliche Musterungen aufweisen. Der Grund für diese grosse Musterungsvielfalt ist möglicherweise die vorhergegangene Vermischung verschiedener Forellenarten und somit auch der verschiedenen Forellenerscheinungsbilder, die sich in den Nachkommen widerspiegeln. Dies zeigt exemplarisch, dass Hybridisierung von Arten und Population die lokale (genetische) Vielfalt erhöhen kann. Von einer absichtlichen Einführung von Tieren aus entfernten Populationen (oder anderen Arten) zwecks Erhöhung ebendieser Vielfalt ist abzuraten. Langfristig führt dies zu einer Vereinheitlichung der genetischen Eigenschaften von Arten und

Populationen (oder Artengesellschaften) unterschiedlicher Standorte. Durch Evolution entstandene Anpassungen an lokal herrschende Bedingungen gehen dadurch verloren und es besteht auch das Risiko, dass Krankheiten eingeführt werden.

In den österreichischen Alpen ist es den Forschern übrigens gelungen, reine Populationen von Donauforellen zu finden, welche in abgelegenen, durch Wasserfälle abgeschnittenen Bächen leben. Im Engadin konnte ich im Rahmen meiner Arbeit keine solchen ‚reinen‘ Donauforellenpopulationen aufspüren, was jedoch nicht ausschliesst, dass es solche noch gibt!

Weitere Informationen erteilt gerne Jakob Brodersen.

## Das BAFU hat eine neue Homepage

Am 24. Januar 2017 ist die neue Website des Bundesamts für Umwelt BAFU online gegangen. Neu sind das Layout mit grösseren Schriften und mehr Bildern sowie das „responsive Design“, das sich den verschiedenen Geräten (Desktop, Tablet, Smartphone) anpasst.

## Publikationen

### Genetik und Fischerei



Besatz spielt immer noch eine wichtige Rolle bei der fischereilichen Bewirtschaftung. Wie bereits länger bekannt, ist nicht nur die Besatzmenge, sondern auch die genetische Abstammung für Erfolg und Misserfolg von Besatzmassnahmen mitentscheidend. Die vorliegende Publikation des BAFU gibt einen Überblick über die bisher in der Schweiz durchgeführten genetischen Untersuchungen an Fischen und formuliert sowohl allgemeine Richtlinien für den Besatz als auch konkrete Besatzeempfehlungen für einzelne Arten.

## Monitoringbericht über den Seeforellenbesatz des Zürichsees mit Sömmerlingen und Jährlingen

Um den Besatzerfolg von Seeforellen zu überprüfen, hat der Kanton Zürich am Zürichsee eine Erfolgskontrolle durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass in den Jahren 2010-2014 durchschnittlich 14 Prozent aller gefangenen Seeforellen markiert waren und somit aus Besatzmassnahmen stammten. Im unteren Seeteil (Zürichsee) war der flächenbereinigte Fangertag aus markierten Forellen aus unbekanntem Gründen siebenmal höher als im oberen Seeteil (Obersee). Es konnte zudem

nachgewiesen werden, dass sich einzelne Forellen aus dem Seebesatz in Zu- und Abflüssen des Zürichsees an der natürlichen Reproduktion beteiligten.

### Konzept Biber Schweiz

Vor 200 Jahren verschwand der Biber wegen intensiver Bejagung aus der Schweiz. Mitte des 20. Jahrhunderts wurde er wieder angesiedelt und steht seit 1962 unter Schutz. Seitdem hat sich der Biber weit ausgebreitet und besiedelt heute die grossen Mittellandflüsse und -seen. Ziel des Konzept Biber ist es, den Umgang mit dem Nager zu regeln, um eine selbständig überlebensfähige Biberpopulation in der Schweiz langfristig zu ermöglichen. Das Konzept zeigt die positiven Auswirkungen der Biberaktivitäten für die Artenvielfalt in und an den Gewässern sowie die möglichen Konflikte mit dem Biber auf. Es legt einheitliche Kriterien für die Umsetzung von Präventionsmassnahmen und die Entschädigungen von Biberschäden fest. Ausserdem werden die Kriterien für Massnahmen an Biberdämmen und -bauen sowie am Biberbestand definiert.



### Umwelt-DNA in Flüssen deckt Artenvielfalt auf

Forschende der Uni Zürich und der Eawag haben mit Umwelt-DNA die Artenvielfalt eines Flusses bestimmt. Bisher mussten dafür alle darin lebenden Organismen gesammelt und einzeln identifiziert werden. Mit der Umwelt-DNA ist dies nicht mehr nötig: Seit kurzem besteht die Idee, stattdessen die DNA von Organismen aus Umweltproben wie Boden oder Wasser zu sammeln und so die verschiedenen Arten nachzuweisen, die ihr Erbgut zum Beispiel in Form von Kot oder Hautpartikeln ins Wasser abgegeben haben.

### Merkblatt Schwarzmeergrundeln

Seit 2011 bevölkern zwei invasive Grundelarten aus dem Schwarzmeerraum den Rhein bei Basel: die Kesslergrundel und die Schwarzmundgrundel. Beide Arten konkurrenzieren mit heimischen bodenlebenden Arten um Lebensraum und Nahrung. Als Laichräuber stellen sie eine Gefahr für sensible Fischarten wie die Äsche oder die Forelle dar. Wie kann die weitere Ausbreitung der Schwarzmeergrundel eingedämmt werden und wie können wir sie überhaupt von den einheimischen Arten unterscheiden? Ein Merkblatt der Kantone Basel-Stadt und Basel-Land, der Uni Basel und dem Bundesamt für Umwelt fasst die wichtigsten Fakten zusammen.



## **WWF-Studie – Wie gesund sind Schweizer Gewässer?**

Eine im August veröffentlichte Studie des WWF Schweiz zeigt: Höchstens ein Fünftel der Schweizer Bäche und Flüsse erfüllen teilweise die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung. Weniger als 5 Prozent der Gewässer konnten in der Studie als naturnah klassifiziert werden und erfüllen die ökologischen Ziele voll. Trotz intensiver Bemühungen von Naturschutzorganisationen und mehrerer politischer Entscheide zugunsten naturnaher Gewässer sind natürliche Flüsse und Bäche bereits sehr selten und weiterhin stark unter Druck.

## **Termine**

### **Jagd- und Fischereimesse in Chur vom 10.-12.2.2017**

Am Wochenende vom 10. bis 12. Februar 2017 präsentieren sich Hersteller und Händler von Jagd- und Fischereibedarf dem neugierigen und fachmännischen Publikum aufs Neue. Für Unterhaltung ist neben der Messe auch mit Vorträgen und Shows gesorgt – mit dabei auch die FIBER mit zwei Vorträgen am 10. Februar nachmittags.

### **12. eco.naturkongress «Wasserschloss Schweiz» am 31.3.17 in Basel**

Zwar sind wir hierzulande gut ausgestattet mit dem kühlen Nass. Aber wie lange halten die Gletscher dem Klimawandel noch stand? Und: Gehen saubere Energie aus Wasserkraft und aquatische Biodiversität zusammen? Diese und weitere Fragen werden am Schweizer Nachhaltigkeitskongress 2017 behandelt.

### **SFV Delegiertenversammlung und Schweizer Jungfischermeisterschaft vom 10.-11.6.2017 in Altendorf (SZ)**

Die Delegiertenversammlung des Schweizerischen Fischereiverbandes und die Schweizer Jungfischermeisterschaft finden dieses Jahr Mitte Juni in Altendorf statt.