



Schweizerische Fischereiberatungsstelle
Bureau suisse de conseil pour la pêche
Ufficio svizzero di consiglio per la pesca
Biro svizzer da cussegliaziun per la pestga



Forellen in der Schweiz

Vielfalt, Biologie und Fortpflanzung

Eine Informationsbroschüre der
Schweizerischen Fischereiberatungsstelle FIBER



Bild: M. Roggo

Inhalt

Die Forellenarten der Schweiz	07
Die Forellenvielfalt innerhalb von Einzugsgebieten	09
Der Lebenszyklus der Forellen	13
Die Wahl des Laichplatzes	18
Das Abbläichen	20
Bedeutet das Vorhandensein von Laichgruben eine funktionierende Naturverlaichung?	21
Woran erkennt man eine Laichgrube?	22
Welche menschlichen Eingriffe ins Gewässer wirken sich negativ auf die Naturverlaichung aus?	23
Fiber-Workshop «Laichzeit!»	28

Forellen in der Schweiz – Vielfalt, Biologie und Fortpflanzung

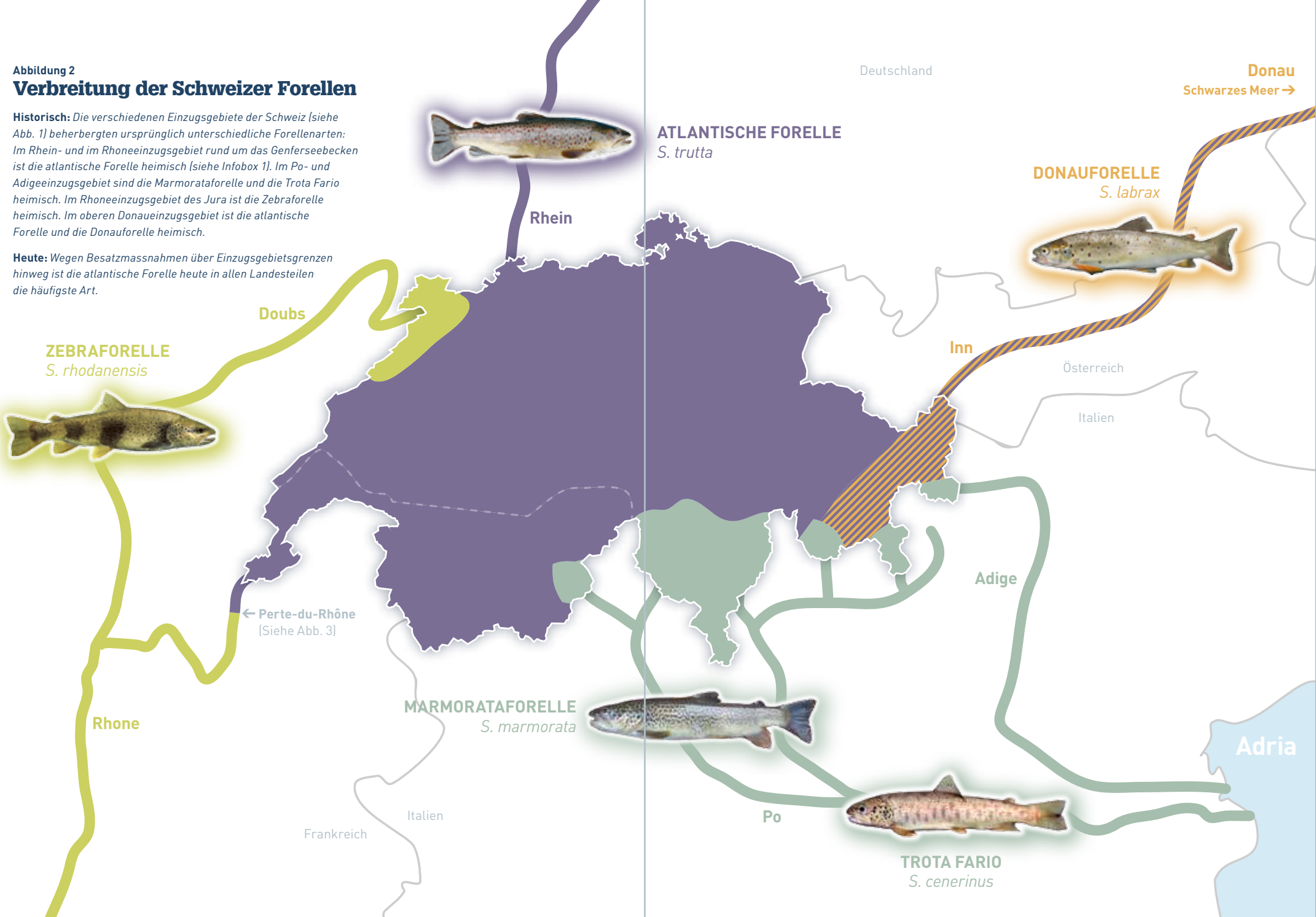
Unterschiedliche Flusssysteme und vielfältige Gewässertypen haben in der Schweiz charakteristische Forellen hervorgebracht, die sich im Körperbau, dem Aussehen, dem Erbgut und der Lebensstrategie unterscheiden. Um die heimischen Bestände zu erhalten und ihre Vielfalt zu fördern, ist es entscheidend, das Verhalten und insbesondere die Fortpflanzung der Forelle besser zu verstehen. Wertvolle Informationen über den Zustand einer Forellenpopulation können mittels Laichgrubenkartierungen gewonnen werden.



Abbildung 2
Verbreitung der Schweizer Forellen

Historisch: Die verschiedenen Einzugsgebiete der Schweiz (siehe Abb. 1) beherbergten ursprünglich unterschiedliche Forellenarten: Im Rhein- und im Rhoneeinzugsgebiet rund um das Genferseebecken ist die atlantische Forelle heimisch (siehe Infobox 1). Im Po- und Adige-einzugsgebiet sind die Marmorataforelle und die Trota Fario heimisch. Im Rhoneeinzugsgebiet des Jura ist die Zebraforelle heimisch. Im oberen Donau-einzugsgebiet ist die atlantische Forelle und die Donauforelle heimisch.

Heute: Wegen Besatzmassnahmen über Einzugsgebietsgrenzen hinweg ist die atlantische Forelle heute in allen Landesteilen die häufigste Art.



Die Forellenarten der Schweiz

Die Schweiz wird gerne als Wasserschloss Europas bezeichnet: Unzählige Bäche entspringen in den Schweizer Alpen, formieren sich zu Flüssen und Strömen, um sich schliesslich in die Meere Europas zu entleeren. Der Rhein fliesst in die Nordsee (Atlantik). Die Rhone und der Doubs strömen in das Mittelmeer, der Inn mündet via Donau ins Schwarze Meer. Die Fliessgewässer aus dem Tessin und einigen südlichen Walliser und Bündner Tälern strömen via

Po oder Adige in den adriatischen Teil des Mittelmeers (Abbildung 1). Diese hydro-geografischen Besonderheiten der Schweiz sind dafür verantwortlich, dass verschiedene Landesteile historisch ihre eigenen Forellenarten beherbergten: Im Rhein-Einzugsgebiet ist die atlantische Forelle (Salmo trutta) heimisch, im Rhone-Einzugsgebiet des Jura findet man die Doubs- oder Zebraforelle (Salmo rhodanensis), im Donau-Einzugsgebiet kommt die Donauforelle (Salmo labrax) vor und für das Po- und Adige-Einzugsgebiet wurden sogar

Infobox 1: Die Fischfauna des Genferseebeckens

Das Rhein- und das Rhone-Einzugsgebiet des Genferseebeckens waren in den letzten Jahrtausenden zwischenzeitlich miteinander verbunden. Deshalb sind im Rhone-Einzugsgebiet rund um den Genfersee atlantische Forellen heimisch. Die Zebraforelle kam flussaufwärts der sogenannten Perte-du-Rhône, die zwischen Genf und Lyon (Frankreich) lag, nie vor. Bevor 1948 der Stausee Barrage de Génissiat gebaut wurde, floss die Rhone dort grösstenteils unterirdisch, weshalb die Perte-du-Rhône für aufwärtswandernde Forellen nicht passierbar war (Abbildung 3). Da der Doubs erst unterhalb der ehemaligen Perte-du-Rhône in die Rhone mündet (via Saône), konnten der Doubs und seine Zuflüsse nach der letzten Eiszeit von der Zebraforelle wieder besiedelt werden. So erklärt sich auch die Verbreitung anderer Schweizer Fische: Die Äschen und Groppen des Genferseebeckens stammen aus dem Rhein-Einzugsgebiet, während zum Beispiel der Roi du Doubs (Apron) im Genferseebecken fehlt.

In französischen Zuflüssen des Genfersees kommt zudem eine Forellenform aus dem Po-Einzugsgebiet vor, die recht nahe mit der adriatischen Trota Fario verwandt ist. Wahrscheinlich haben diese Forellen während vergangenen Eiszeiten die heutigen Einzugsgebietsgrenzen in der Nähe des Aostatales überwinden können. Ob diese speziellen Forellen auch im schweizerischen Teil des Genferseebeckens vorkommen, ist nicht abschliessend geklärt.

Die Situation am Genfersee zeigt, dass die Verwandtschaftsbeziehungen der Forellen oft kompliziert sind und es in der Forellentaxonomie noch reichlich Forschungsbedarf gibt. Unabhängig davon gilt es, die lokalen Arten und Populationen zu erhalten und zu fördern.

zwei Arten beschrieben – die Trota Fario (Salmo cenerinus) und die Marmorataforelle (Salmo marmorata).

Die oben genannten Forellenarten sind vor 0,5 bis 2 Millionen Jahren entstanden. In dieser langen Zeit wurde Europa von mehreren Eiszeiten heimgesucht – Gletscher dehnten sich aus und zogen sich wieder zurück, Flüsse und Seen entstanden und verschwanden wieder. Aufgrund dieser dynamischen Gletscherbewegungen waren das heutige Rhein- und das Rhone-Einzugsgebiet rund um das Genferseebecken zwischenzeitlich miteinander verbunden. Als Resultat dieser Verbindung kommen in der Rhone und anderen Genfersee-Zuflüssen natürlicherweise atlantische Forellen vor, während die Zebraforelle in diesen Gewässern fehlt (Infobox 1). Ebenso waren obere Regionen des heutigen Donau-Einzugsgebietes in der Vergangenheit mit dem Rhein-Einzugsgebiet verbunden, und so kommen die Donauforelle und die atlantische Forelle dort natürlicherweise beide vor (Abbildung 2, zurückblättern).

Früher fand man also in den verschiedenen Landesteilen jeweils unterschiedliche Forellenarten. Und wie sieht es heute mit der Artenvielfalt und Verbreitung der Schweizer Forellen aus?

Während Jahrzehnten wurden grosse Stückzahlen atlantischer Forellen als Besatzfische über jegliche Einzugsgebietsgrenzen hinweg bewegt. Die atlantische Forelle ist daher heute in

allen Einzugsgebieten am häufigsten vertreten. Dieser standortfremde Fisch bedroht die dort heimischen Forellen durch Konkurrenz und durch Vermischung des Erbguts (Hybridisierung). Dadurch sind nicht-atlantische Forellenarten in der Schweiz sehr selten geworden: Die Marmorataforelle ist vom Aussterben bedroht. Nur noch im Lago Maggiore (TI) und im Lago di Poschiavo (GR) sind Restbestände vorhanden. Einzelfunde werden zudem gelegentlich von Tessiner Bächen vermeldet. Es ist allerdings gut möglich, dass es sich dabei um Mischformen mit der atlantischen Forelle handelt, die äusserlich an Marmorataforellen erinnern. Von der Trota Fario gibt es dokumentierte Restbestände im bündnerischen Poschiavino und seinen Zuflüssen. Obwohl die atlantische Forelle längst auch im Doubs-Einzugsgebiet die häufigste Forellenart ist, findet man von der Zebraforelle noch kleine Populationen, zum Beispiel in ökologisch intakten Gewässerabschnitten des Doubs-Zuflusses Allaine. Zurzeit ist unklar, ob die Donauforelle in der Schweiz noch zu finden ist. Fest steht aber, dass der Besatz mit standortfremden Fischen auch im oberen Donau-Einzugsgebiet zu Veränderungen der Forellenbestände geführt hat.

Die Schweiz hat während Jahrhunderten auf engem Raum gleich mehreren Forellenarten einen Lebensraum geboten. Entsprechend kommt unserem Land beim Schutz der heute vom Aussterben bedrohten Arten eine besondere Verantwortung zu.



Abbildung 3) Bei der sogenannten Perte-du-Rhône verlor sich die Rhone in Felsspalten und floss unterirdisch weiter. Diese Stelle war für aufsteigende Fische nicht passierbar. Und so konnte das Genferseebecken nach der letzten Eiszeit vom Mittelmeer her nicht besiedelt werden.

Die Forellenvielfalt innerhalb von Einzugsgebieten

Auch innerhalb eines Einzugsgebietes und entlang eines einzelnen Flusses unterscheiden sich Forellenpopulationen derselben Art in ihrem Aussehen und in ihren genetischen Eigenschaften (Erbgut).

Die genetischen Unterschiede zwischen Forellenpopulationen werden grundsätzlich stärker, je weiter voneinander entfernt sie leben. Für Fische ist dabei die Distanz entlang der Wasserläufe entscheidend. Fischpopulationen können genetisch sehr unterschiedlich sein, wenn sie in Bächen leben, die zwar am

selben Berg entspringen, jedoch in andere Hauptgewässer fliessen. Man findet genetische Unterschiede aber häufig auch innerhalb eines Flusssystems auf engstem Raum: So sind zum Beispiel Forellen von den Aarezuflüssen Kiese und Rotache genetisch unterschiedlich, obwohl sie nur durch wenige Kilometer Wasserlinie voneinander getrennt sind. Das Vorhandensein solcher genetischer Unterschiede zeigt, dass nur wenige Fische zwischen diesen beiden Populationen hin- und herwandern und sich miteinander fortpflanzen. Wenn Tiere zweier Populationen in verschiedenen Lebensräumen leben und sich nur selten

Infobox 2: Regenbogenforellen in der Schweiz



Schon vor mehr als hundert Jahren wurden in der Schweiz auch nordamerikanische Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) eingeführt. Diese Fische gehören zu der Gattung der pazifischen Lachse und sind mit den einheimischen Forellen der Gattung *Salmo* weniger nahe verwandt, als ihr deutscher Name «Regenbogenforelle» vermuten lässt. Früher wurden Regenbogenforellen häufig zu fischereilichen Zwecken eingesetzt, denn man ging davon aus, dass sie sich nicht natürlich fortpflanzen würden. Nun haben sich aber auch in der Schweiz selbsterhaltende Populationen gebildet, dazu gehören die bekannten Regenbogenforellen aus dem Alpenrheinsystem.

Mehrere wissenschaftliche Studien zeigen, dass Regenbogenforellen das Gedeihen einheimischer Fische verschiedener Arten durch Konkurrenz bedrohen können. Zudem gelten standortfremde Arten als eine der Hauptursachen für die weltweite Biodiversitätskrise. Deshalb schränkt das Schweizer Bundesgesetz über die Fischerei heute den Besatz von Regenbogenforellen in offene Gewässersysteme stark ein. Nur in Bergseen und alpinen Stauseen ohne freie Fischwanderung in den Ober- und Unterlauf sowie in künstlichen stehenden Gewässern, die speziell für fischereiliche Zwecke angelegt wurden, ist der Besatz mit Regenbogenforellen zugelassen.

miteinander fortpflanzen, wird ihr Erbgut nicht mehr frei vermischt und die genetischen Eigenschaften der Populationen verändern sich mit der Zeit durch evolutive Prozesse.

Ein solcher evolutiver Prozess ist die natürliche Auslese, die in jeder Generation diejenigen genetischen Eigenschaften bevorzugt, welche einem Individuum eine erhöhte Überlebens- und Fortpflanzungsfähigkeit ermöglichen. Das Erbgut spielt also bei der Anpassung an den eigenen Lebensraum eine zentrale Rolle.

Populationen passen sich durch Evolution an ihren lokalen Lebensraum an, weil unterschiedliche Lebensräume oft unterschiedliche Anforderungen an Körperbau, Verhalten, Immunabwehr und Ernährung stellen. Tatsächlich konnten Forschende dank genetischer Analysen zeigen, dass sich die Forellen aus dem Rhein, der Thur, der Allaine, dem Ticino und dem Poschiavino als Antwort auf die natürliche Auslese an ihren eigenen Lebensraum angepasst haben (lokale Anpassung). Einen massgeblichen Einfluss hat dabei die Meereshöhe, die unter

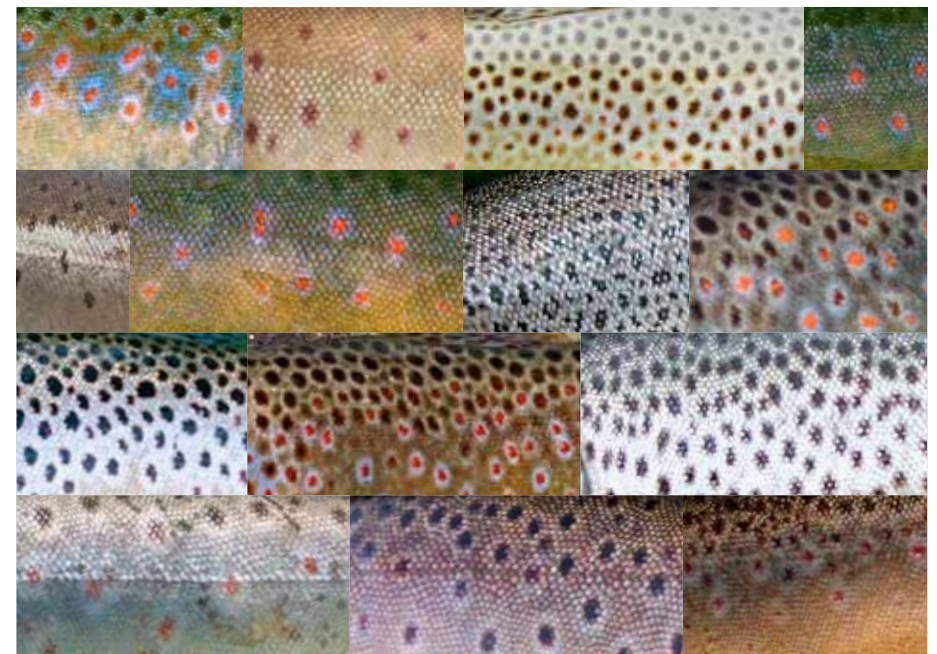


Abbildung 4) Dargestellt sind atlantische Forellen aus dem Schweizer Rheineinzugsgebiet (*S. trutta*): Punktierung, Färbung und Musterung der Fische sind äusserst vielfältig. Unterschiede werden durch flexible Anpassungen an die Lichtverhältnisse im Wasser, durch die Jahreszeit (Laichzeit) und durch die genetischen Eigenschaften eines Fisches hervorgerufen.

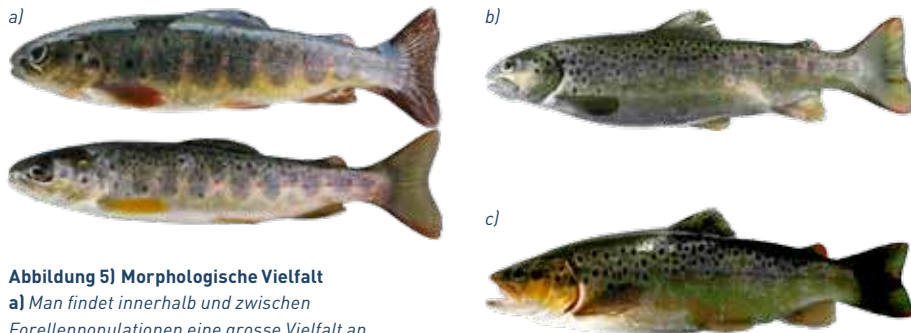


Abbildung 5) Morphologische Vielfalt

a) Man findet innerhalb und zwischen Forellenpopulationen eine grosse Vielfalt an Körper-, Kopf-, und Flossenformen. Hier dargestellt zwei Jungfische aus dem Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Der obere Fisch hat einen kurzen Kopf, einen hohen Rücken, einen breiten Schwanzstiel und rundliche Brustflossen, während der untere einen langen Kopf hat, stromlinienförmig gebaut ist, mit einem schlanken Schwanzstiel und länger gestreckten Brustflossen.

b) Stromlinienförmige Forelle mit kleinem Kopf und nach unten gerichtetem Mund aus einem steil abfliessendem Bach.

c) Hochrückige Forelle mit grossem Kopf und Mund aus einem flach abfliessendem Bach.

anderem die Wassertemperatur oder das Nahrungsangebot eines Flussabschnitts beeinflusst. Das Resultat solcher lokalen Anpassungen ist, dass eine Forelle aus einem Bergbach dort besser überleben, wachsen und sich fortpflanzen kann als in einem Flachlandfluss und umgekehrt.

Erfahrene Fischer wissen, dass Forellen aus verschiedenen Gewässern unterschiedlich aussehen und sich anders verhalten. Abhängig davon, wo sie gefangen werden, unterscheiden sie sich unter anderem in Farbe, Musterung und Körperbau (**Abbildungen 4 und 5**). Untersuchungen an Aarezuflüssen zwischen Thun und Bern zeigen zum Beispiel, dass

es einen Zusammenhang gibt zwischen der Körperform von Forellen und dem Gefälle des Baches, in dem sie leben. In Bächen mit höherem Gefälle ist die Fliessgeschwindigkeit in der Regel höher und die mittlere Tiefe geringer als in Bächen mit schwächerem Gefälle. Forellen, die in Bächen mit höherem Gefälle leben, weisen unabhängig ihrer Grösse einen länger gestreckten, stromlinienförmigen Körper und kleinere Köpfe auf (**Abbildung 5b**). In Bächen mit geringerem Gefälle sind Forellen hochrückiger gebaut und besitzen grössere Köpfe (**Abbildung 5c**). Ob diese Formunterschiede einen genetischen Hintergrund haben oder das Resultat einer gewissen Flexibilität in der Entwicklung eines einzelnen Individuums sind, wurde in dieser Studie nicht getestet. Die Beobachtungen deuten aber darauf hin, dass in verschiedenen Gewässern unterschiedliche Körperformen

von Vorteil sind. In schnell fliessendem Wasser verbrauchen Forellen mit einem langgestreckten, stromlinienförmigen Körper wohl weniger Energie als Fische mit einem gedrungenen Körper. Vielleicht sind Letztere dagegen im Vorteil, wenn sie im tieferen Wasser der Bäche mit geringem Gefälle Kleinfische jagen.

Der Lebenszyklus der Forellen

Alle Lebewesen haben im Verlaufe ihrer Evolution einen Lebenszyklus entwickelt, der ihnen erlaubt, mit vorherrschenden Umweltbedingungen möglichst gut zurechtzukommen. Der Lebenszyklus der Forelle ist eher kompliziert, weil sich unterschiedliche Strategien entwickelt haben, die nebeneinander in derselben Population vorkommen können (**Abbildung 6, nächste Seite**). In fast allen unseren Forellenpopulationen verbleibt ein Teil der Tiere, die sogenannten Bachforellen, ihr ganzes Leben im Geburtsgewässer. Aber in zahlreichen Populationen wandert ein Teil der Tiere vor der Geschlechtsreife aus den Geburtsgewässern ab, um einen Lebensabschnitt in einem grösseren Gewässer zu verbringen. Diese Wanderung kann kurz oder lang sein: Flussforellen wandern in grössere Flüsse, Seeforellen wandern in Seen, und früher wanderten Meerforellen sogar bis ins Meer und zurück. Meerforellen sind heute in der Schweiz ausgestorben.

Schweizer Forellen laichen von Oktober bis Januar, in seltenen Fällen sogar im Februar, in Flüssen und Bächen. Dabei

werden die Eier von den Weibchen in lockerem Kies auf dem Gewässergrund vergraben. Nach mehreren Monaten schlüpfen die Brütlinge im Frühjahr; die Entwicklungsdauer variiert dabei je nach Wassertemperatur. Das Kieslückensystem dient der frisch geschlüpften Forellenbrut in ihren ersten Lebenswochen als Kinderstube. Da sie grelles Licht meiden, dringen die Brütlinge nach dem Schlupf noch tiefer in den Kies ein. Erst kurz bevor sie ihren Dottersack aufgebraucht haben, steigen sie als sogenannte Larven aus dem Kiesbett auf (Emergenz), um mit der aktiven Nahrungsaufnahme zu beginnen (**Abbildung 7, Seite 16**).

Nach der Emergenz bleiben die jungen Forellen in der Nähe ihres Geburtsortes. Schon mit dem Beginn der aktiven Nahrungsaufnahme besetzen die Jungfische Territorien, die sie gegenüber ihren Artgenossen hartnäckig verteidigen. Weil es nicht für alle jungen Forellen geeignete Territorien gibt, wird während ein bis zwei Monaten eine sehr hohe, dichteabhängige Sterblichkeit beobachtet. Ideale Larventerritorien sind in gut strukturierten, strömungsarmen Flachwasserzonen zu finden. Erst mit zunehmendem Alter suchen die Forellen tiefere Stellen im Gewässer auf. Gewässerstrukturen wie unterspülte Ufer, tiefe Kolke, Totholz und überhängende Vegetation werden von Forellen bevorzugt als Unterstand genutzt. In der Regel werden die besten Standplätze von den älteren und grösseren Tieren besetzt.

Abbildung 6

Der Lebenszyklus der Forelle

In vielen Populationen wandert ein Teil der Tiere in einen See (oder einen grösseren Fluss) ab. Diese Fische werden als Seeforellen (oder Flussforellen) bezeichnet. Die sogenannten Bachforellen bleiben dagegen ihr ganzes Leben im Fließsgewässer. Nachdem die abgewanderten Fische im See (oder im Fluss) auf zum Teil stattliche Grössen herangewachsen sind, steigen sie wieder in ihre Geburtsgewässer auf. Sowohl See- als auch Bachforellen pflanzen sich in Fließsgewässern fort.

a) In Seen sind Forellen typischerweise silbrig gefärbt und haben keine roten Punkte.

b) In Fließsgewässern sind Forellen oft dunkler gefärbt und haben typischerweise rote Punkte.

Aber Achtung, auch in Bächen und Flüssen werden immer wieder Fische ohne rote Punkte gefangen. Und wenn Seeforellen ihre Laichwanderung antreten und in Fließsgewässer aufsteigen, kann sich ihre Färbung rasch ändern und derjenigen der Bachforelle ähneln.

6a



6b

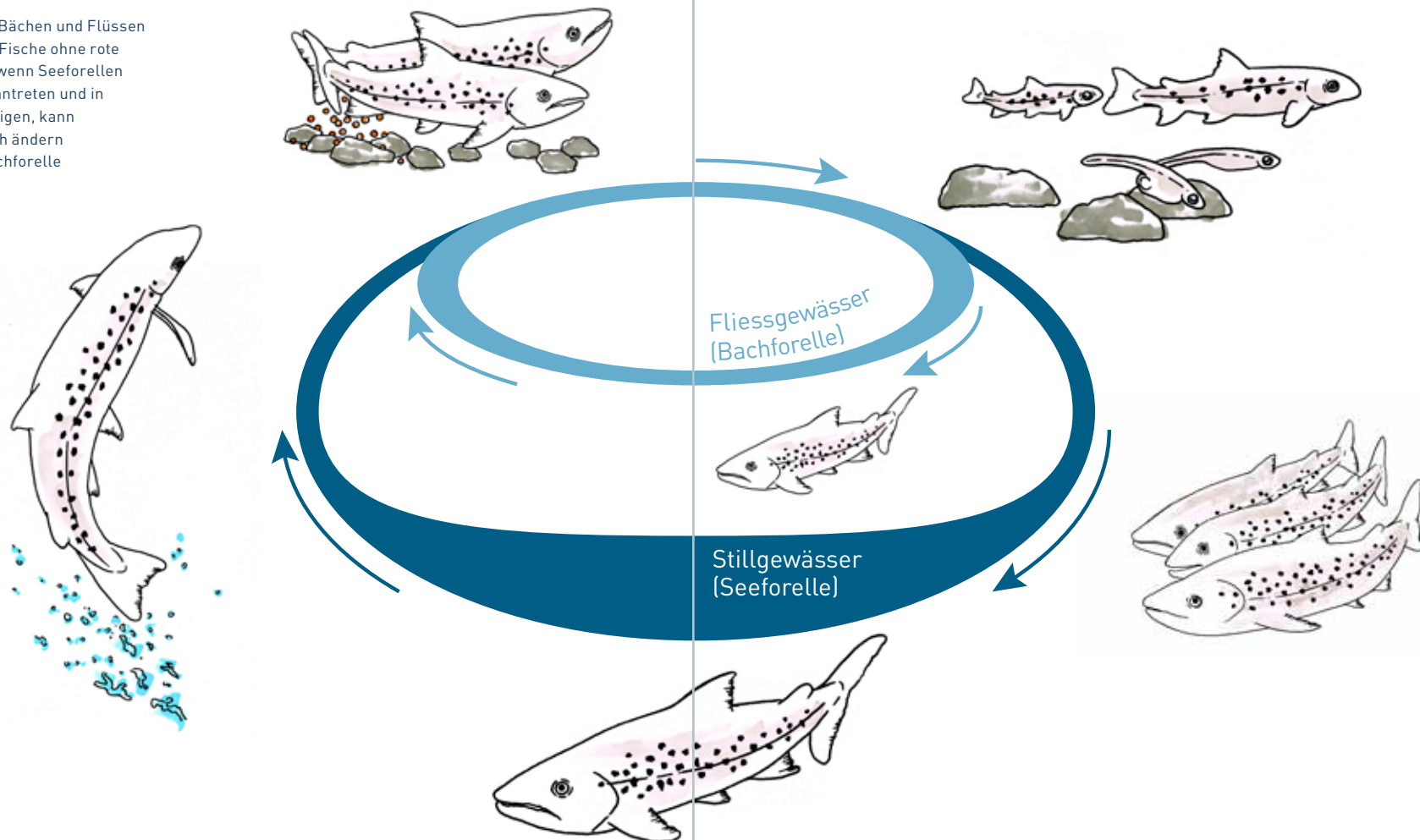
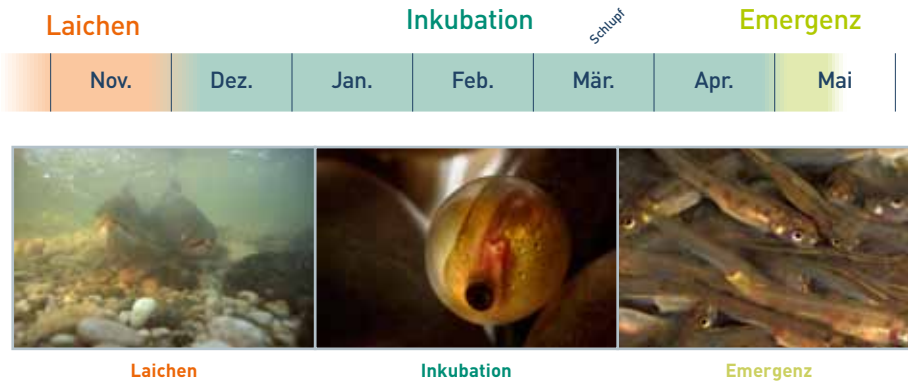


Abbildung 7) Die Fortpflanzung der Forelle wird in drei Phasen unterteilt: **Das Laichen, die Inkubation und die Emergenz**. Das Laichen bezeichnet die Eiablage, die Inkubation bezeichnet die Zeit von der Eiablage bis zur Emergenz und die Emergenz bezeichnet das Verlassen des Kiesbettes.

Die genauen Laichzeiten unterscheiden sich von Population zu Population und die Entwicklungsdauer der Eier ist temperaturabhängig. Normalerweise vergeht nach der Eiablage ungefähr ein halbes Jahr, bevor die Larven das Kiesbett verlassen.

Es vergehen 6 Monate vom Laichen bis zur Emergenz (Beispiel):



Infobox 3: Vielfältiger Lebenszyklus

Die Fähigkeit «zu wandern oder zu bleiben» ist schon fast ein universelles Merkmal der Salmoniden (Familie der Lachsfische) und wird zum Beispiel auch bei pazifischen Lachsen (Gattung *Oncorhynchus*), bei Saiblingen (Gattung *Salvelinus*) und beim atlantischen Lachs (*Salmo salar*) beobachtet. Auch innerhalb der meisten Forellenarten haben sich residente und wandernde Formen gebildet. Die Lebenszyklen dieser Fische sind so variabel, dass sie nur schwer allgemeingültig beschrieben werden können. Neben anderen Eigenschaften des Lebenszyklus unterscheiden sich zum Beispiel das Alter bei der Abwanderung in den See/Fluss oder die Jahreszeit der Abwanderung von Population zu Population.

Normalerweise pflanzen sich See- und Bachforellen regelmässig miteinander fort und gehören deshalb in vielen Fällen zur selben biologischen Art. Diese Schlussfolgerung wurde basierend auf genetischen Studien zum Beispiel bei Forellen vom Thunersee und vom Genfersee gezogen. In seltenen Fällen vermischen sich See- und Bachforellen aber genetisch über längere Zeit nicht mehr, und so entwickeln sie sich zu unterschiedlichen Arten (beobachtet z. B. in Zuflüssen des Schwarzen Meeres).

Im Alter von ein bis zwei Jahren wandert ein Teil der Forellen in den See ab. Die Abwanderung ereignet sich meist im Frühling. Warum manche Individuen in den See abwandern, während andere im Bach bleiben, ist nicht abschliessend geklärt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in den meisten Populationen eine Wechselwirkung zwischen genetischen Eigenschaften eines Fisches und Umwelteinflüssen bestimmt, ob er in den See abwandert oder im Bach bleibt.

Wie viele Tiere abwandern, ist von Population zu Population sehr unterschiedlich: Während in einigen Gewässern fast sämtliche Forellen abwandern, gibt es Bäche, in denen die gesamte Population standorttreu bleibt. Wie gross der Anteil abwandernder Tiere ist, hängt auch davon ab, wie profitabel der Verbleib im Fließgewässer im Verhältnis zur Wanderung in den See ist. Ein nahrungsreiches, gut strukturiertes Fließgewässer bietet sowohl jungen als auch adulten Forellen einen geeigneten Lebensraum und ideale

Abbildung 8) Zum Laichen brauchen Forellen lockeren, gut vom Wasser durchströmten Kies.



Bild: M. Roggo

Wachstumsbedingungen. Hat ein Bach hin- gegen viel lockeren Kies, aber wenig Fut- ter und kaum Versteckmöglichkeiten für adulte Fische, eignet er sich in erster Linie als Fortpflanzungs- und Jungfisch- habitat und weniger als permanenten Lebensraum.

Wie profitabel der Aufenthalt in einem Lebensraum ist, hängt auch von der Fischdichte ab: Je mehr Artgenossen sich für dieselbe Strategie (Bleiben oder Wan- dern) entscheiden, umso stärker wird die Konkurrenz zwischen ihnen sein, wodurch die alternative Strategie attraktiver wird.

Nach einer ausgeprägten Wachstums- phase steigen die Seeforellen nach min- destens einem Sommer im See in ihre Geburtsbäche auf. Flussforellen steigen von grösseren Flüssen in kleinere Gewäs- ser auf, während sich standorttreue Fo- rellen die anstrengende Laichwanderung sparen können. Wenn die Tage kürzer und die Temperaturen kälter werden, wird erneut gelaicht, und eine neue Generation Forellen beginnt ihren Lebenszyklus.

Die Wahl des Laichplatzes

Forellen sind Kieslaicher, die ihre Eier im Kies der Gewässersohle vergraben. Ver- steckt in der Dunkelheit des Kieslücken- systems sind die Eier und die Brut gut vor Fressfeinden geschützt. Durch das Vergraben der Eier in der Gewässersohle verringert sich zudem das Risiko, dass die Eier bei einem Winterhochwasser weggespült werden.

Die Stelle der Eiablage wird vom Weib- chen sorgfältig ausgewählt. Bevorzugt werden Stellen, an denen feiner Kies und kleine Steine mit Korngrössen von 7 bis 70 Millimeter dominieren (**Abbildung 8**). Der Kies darf nicht zu viele feine Sedi- mente wie Sand oder Lehm enthalten, damit er locker und gut von Wasser durchströmt ist. Nur so erhalten die Eier und später die Brut genügend Sauerstoff, und ausgeschiedene Stoffwechselpro- dukte können erfolgreich abtransportiert werden. Die Zusammensetzung des Kie- ses spielt auch bei der kräfteraubenden Emergenz eine entscheidende Rolle: Je weniger feine Sedimente im Kies sind, umso einfacher können die Larven im Frühling aus dem Kies aufsteigen.

Die Kieszusammensetzung hängt unter anderem von den Abflussbedingungen eines Gewässers ab. Gute Laichbedin- gungen herrschen im Normalfall in 10 bis 50 Zentimeter tiefem Wasser mit einer Fliessgeschwindigkeit von 20 bis 80 cm/sec. In der Natur beobachtete Werte können allerdings von diesen Ideal- werten abweichen: Grössere Tiere zum Beispiel laichen tendenziell in grösseren Tiefen, schneller fliessendem Wasser und über gröberem Substrat. Und wenn optimale Laichplätze Mangelware sind, laichen Forellen auch an Stellen, wo die Wassertiefe und die Fliessgeschwindig- keit – nicht aber die Korngrösse des Sub- strates – erheblich von den berichteten Idealwerten abweichen.



Abbildung 9) Das Schlagen der Grube ist die Angelegenheit des Weibchens. Die Männchen liefern sich während der Laichzeit Territorialkämpfe und buhlen um Zugang zu laichreifen Weibchen.

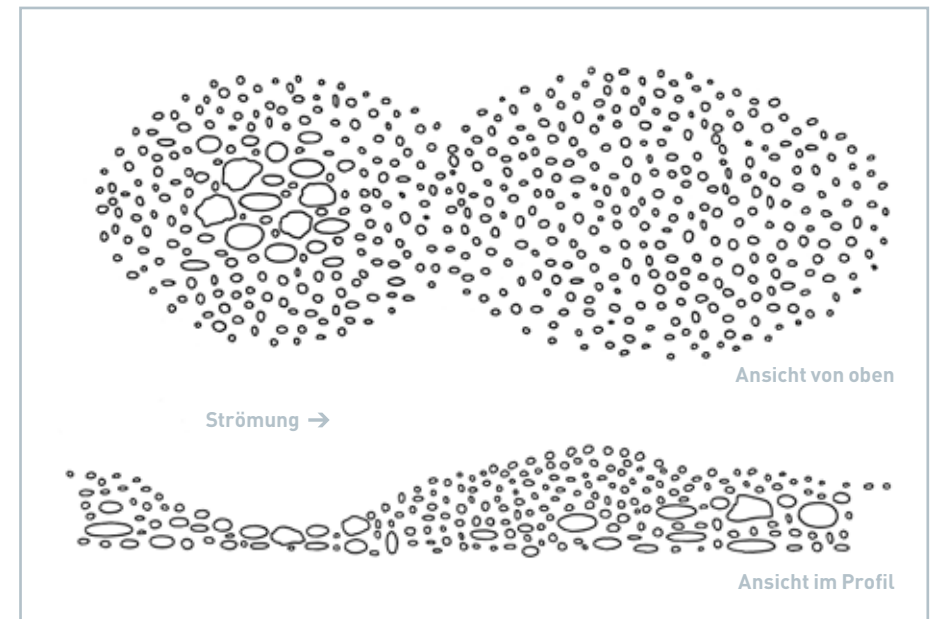


Abbildung 10) Laichgrube (links) und Aufschüttung (rechts) haben eine ovale Form. In der Laichgrube bleibt gröberer Kies liegen, während der feinere Anteil durch die Schwanzschläge aufgewirbelt wird, von der Strömung flussabwärts getragen wird und auf der Aufschüttung zu liegen kommt.

Das Ablaichen

Hat das Weibchen nach längerem Suchen einen möglichen Laichplatz gefunden, legt es sich seitlich auf den Gewässergrund und beginnt mit seiner Schwanzflosse gegen die Gewässersohle zu schlagen (**Abbildung 9**). Dadurch wird das Substrat von Feinsedimenten gereinigt und der Kies wird besser mit Wasser durchflossen. Feiner Kies wird aufgelockert und von der Strömung flussabwärts verschoben. So entsteht eine Vertiefung auf dem Gewässergrund, genannt Laich-

grube, und flussabwärts bildet sich eine Aufschüttung (**Abbildung 10**).

Das Weibchen produziert abhängig von seinem Körpergewicht ungefähr 250 bis 2000 Eier, die es normalerweise in zwei bis fünf Eipaketen abgibt. Das erste Eipaket wird über der frisch ausgehobenen Grube abgegeben. Im Moment der Eiablage befruchten ein oder mehrere Männchen, welche das Weibchen während der Laichzeit stets umschwärmen,

Infobox 4: Konkurrenz zwischen Männchen – Partnerwahl von Weibchen?

Während der Laichzeit buhlen die Männchen um Zugang zu laichreifen Weibchen. Tagelange Territorialkämpfe werden ausgetragen, und oft setzen sich dabei die grösseren Männchen gegen die kleineren durch. Es wird aber immer wieder beobachtet, dass im Moment der Eiablage kleine Männchen, sogenannte Sneakers, daher preschen und einen Teil der Eier befruchten.

In Laborversuchen mit Forellen aus der Enziwigger LU konnten Forschende denn auch zeigen, dass Nachkommen von grösseren Männchen nicht besser überlebten als die von kleineren Männchen. Zur Überraschung der Forscher überlebten die Nachkommen von Männchen mit einer stark roten Färbung weniger gut als die Nachkommen von Männchen mit schwach roter Färbung. Die Nachkommen von Männchen mit der dunkelsten Färbung überlebten eindeutig am besten. Ob diese Resultate allgemeine Gültigkeit haben oder im Besonderen für die Forellen der Enziwigger gelten, ist noch unklar.

Bei sehr vielen Tierarten wählen die Weibchen ihren Partner für die Fortpflanzung sorgfältiger als die Männchen, weil Weibchen meistens mehr Energie in die Fortpflanzung investieren. Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass auch Forellenweibchen ihre Partner wählen, und zwar aufgrund der Eigenschaften des Immunsystems. In anderen Studien mit den der Forelle nahverwandten atlantischen Lachsen (*Salmo salar*) wurde gezeigt, dass Nachkommen von Weibchen, welche ihren Partner wählen durften, deutlich resistenter waren gegen Parasiten als Nachkommen von Weibchen, die ihre Partner nicht wählen konnten. Welchen Effekt eine allfällige Partnerwahl des Weibchens auf die Überlebensfähigkeit der Nachkommen bei Forellen hat, wurde noch nicht eingehend erforscht.

die Eier (**Infobox 4**). Die befruchteten Eier kommen in der Grube zu liegen. Nach Abgabe des ersten Eipaketes begibt sich das Weibchen etwas stromaufwärts, schlägt mit seinem Schwanz wieder gegen den Gewässergrund und vergräbt so die befruchteten Eier in der zuvor ausgehobenen Laichgrube. So wandert das Weibchen – und mit ihm Laichgrube und Aufschüttung – stromaufwärts, bis das letzte Eipaket abgegeben ist. Es verstreichen oft mehrere Tage zwischen der Abgabe des ersten und des letzten Eipaketes. Gelegentlich verteilt das Weibchen seine Eier auch auf mehrere Laichgruben, die nicht in unmittelbarer Nähe zueinander liegen.

Vor und während dem Graben der Laichgrube pressen die Weibchen ihren Körper immer wieder gegen den Boden und drücken ihre Flossen auf und in den Gewässergrund. Wenn man sie dabei beobachtet, scheint es, als würden sie den Laichplatz abtasten und prüfen, ob sich die Stelle für eine Eiablage eignet. Tatsächlich kommt es regelmässig vor, dass ein Weibchen zwar eine Laichgrube schlägt, dann nach vorsichtiger Prüfung aber doch auf eine Eiablage verzichtet. Der Anteil von sogenannten «falschen Laichgruben» bewegt sich in den meisten Gewässern zwischen 20 und 30 Prozent.

Bedeutet das Vorhandensein von Laichgruben eine funktionierende Naturverlaichung?

Das Vorhandensein von Laichgruben ist ein starker Hinweis, dass die natürliche Fortpflanzung funktioniert. Aber auf dem Weg zu einer erfolgreichen Fortpflanzung ist die Eiablage nur der erste Schritt. Eier und Brut sind während der Zeit, die sie im Substrat verbringen, verschiedenen Umweltgefahren ausgesetzt. Kurz vor der Laichzeit wirken sich Hochwasser positiv auf den Laicherfolg aus, weil sie die Gewässersohle von Feinsedimenten reinigen. Im Winter können Hochwasser hingegen fatal sein: Die Gewässersohle kann in Bewegung versetzt und ganze Laichgruben können ausgespült werden. Auch während und einige Wochen nach der Emergenz können Larven bei Hochwasser leicht verdriftet werden. In Populationen mit ausgedehnten Laich- und Schlupfzeiten können solche Ereignisse oftmals kompensiert werden, da sich in diesen Populationen nicht der gesamte Nachwuchs zur selben Zeit in der kritischen Phase befindet. Aber auch Populationen mit kurzen Laichzeiten erholen sich gewöhnlich erstaunlich schnell wieder, es sei denn, Katastrophenereignisse wiederholen sich in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren.

So wie das Vorhandensein von Laichgruben kein hundertprozentiger Hinweis für eine funktionierende Naturverlaichung ist, sollte eine funktionierende Naturverlaichung nicht ausgeschlossen werden,



Abbildung 11) Wenn die Gewässersohle bewachsen ist, lassen sich Laichgruben leicht als helle Flecken auf dem dunkleren Gewässergrund erkennen.

wenn an einem Gewässer keine Laichgruben gesehen werden. Laichgruben liegen gelegentlich an Stellen, die nicht ohne Weiteres beobachtet werden können, z. B. in aussergewöhnlich grossen Tiefen, und sie sind auch nicht immer gleich einfach zu erkennen.

Woran erkennt man eine Laichgrube?

Schlägt das Weibchen mit der Schwanzflosse eine Grube, wird der Kies bewegt, gelockert und umgelagert. Dabei wird Pflanzen- bzw. Algenbewuchs vom Substrat entfernt, und Feinsedimente werden abgeschwemmt. Deshalb heben sich Laichgruben oft als helle Flecken vom

dunkleren Gewässergrund ab (**Abbildung 11**). Es kommt aber immer wieder vor, dass die Sohle kurz vor der Laichzeit durch kleinere oder grössere Hochwasser bewegt und gereinigt wird, wodurch die Laichgruben nicht anhand von Farbschieden zu erkennen sind. Wenn das Substrat sauber und hell ist, was vor allem in voralpinen und alpinen Gewässern mit geringem Algenbewuchs auch ohne nennenswerte Hochwasser der Fall ist, können Fische beim Erkennen von Laichgruben hilfreich sein. Denn sie stehen zur Laichzeit häufig während mehreren Tagen in der Nähe von oder über den Laichgruben (**Abbildung 12**). Die Forellen verlieren während der Fortpflanzung ei-

nen beträchtlichen Teil ihrer Scheu – nie lassen sich Forellen so gut beobachten wie während der Laichzeit: Die Territorialkämpfe der Männchen und das Schlagen der Laichgrube durch die Weibchen sind für jeden Fischer und Naturliebhaber ein faszinierendes Schauspiel!

Welche menschlichen Eingriffe ins Gewässer wirken sich negativ auf die Naturverlaichung aus?

Fliessgewässer tragen ab einem gewissen Abfluss und Gefälle mit der Strömung auch Kies und Steine mit, die als Geschiebe bezeichnet werden. Je nach geologischen Gegebenheiten im Einzugsgebiet eines Gewässers und den vorherrschenden Abflussbedingungen wird mehr oder weniger, kleineres oder grösseres Geschiebe vom Wasser mitgetragen. Oder auch nicht: In vielen Schweizer Gewässern ist der Geschiebehaushalt stark beeinträchtigt. Diese Problematik ist auf verschiedene menschliche Eingriffe ins Gewässer zurückzuführen, die in mehrere Kategorien eingeteilt werden können: a) In manchen

Abbildung 12) Während der Laichzeit stehen die Forellen oft ohne Deckung über den Laichgruben und lassen sich besser beobachten als sonst.





Abbildung 13) In geschiebeführenden Flüssen entstehen immer wieder neue Kiesbänke, welche für die Fortpflanzung von kieslaichenden Fischen wichtig sind.

Gewässern wird zu kommerziellen Zwecken Kies entnommen. b) In vielen kleineren Fließgewässern sind Geschiebesammler eingebaut, um im Falle eines Hochwassers die Schäden möglichst gering zu halten. c) Die zahlreichen harten Uferverbauungen verhindern eine natürliche Erosion an den Bach- und Flussufern, was den seitlichen Geschiebeeintrag langfristig reduziert. d) Bei Stauseen oder Stauhaltungen oberhalb von Laufkraftwerken verlangsamt sich die Fließgeschwindigkeit des Wassers, weshalb sich Geschiebe ablagert und im Unterwasser fehlt.

Ohne einen funktionierenden Geschiebehaushalt fehlen unseren Gewässern die lebensraumbildenden Dynamiken. Dies

äussert sich zum Beispiel durch das Fehlen von lockeren Geschiebeablagerungen, die für die Fortpflanzung von kieslaichenden Fischen wie Forellen, Äschen oder Nasen so wichtig sind (**Abbildung 13**).

Genau umgekehrt verhält es sich mit den Feinsedimenten; statt zu wenig gibt es in unseren Gewässern zu viele. Durch Intensivierung der Landwirtschaft und die zunehmende Versiegelung von Böden gelangten in den letzten Jahrzehnten immer mehr Feinsedimente in unsere Gewässer. Diese feinen Partikel lagern sich mit der Zeit auf der Gewässersohle ab und dringen ins Kieslückensystem ein. Diesen Prozess nennt man Kolmation. Eine ausgeprägte Kolmation führt dazu, dass sich

die Gewässersohle verhärtet und nicht mehr ausreichend von Wasser durchflossen wird. Dies erschwert oder verunmöglicht die Entwicklung von Forelleneiern: Beträgt der Anteil an Feinsedimenten in einer Laichgrube zehn Prozent oder mehr, sterben die Eier wegen Sauerstoffmangel ab. Ein ausreichend grosser, extensiv genutzter Gewässerraum kann einen Teil der Feinsedimente zurückhalten. Wenn die Feinsedimente trotzdem ins Gewässer gelangen, hilft ein natürlicher Abfluss mit regelmässigen Abflussspitzen, die Sohle in Bewegung zu halten und feine Sedimente abzuschwemmen, bevor sie zu tief in das Kieslückensystem eindringen.

Wiederholt wurde von Forschenden gezeigt, dass sich eher kleine Fließgewässer für die Fortpflanzung und Rekrutierung von Forellen überdurchschnittlich gut eignen (**Abbildung 14**). Nur wenn der freie Fischaufstieg gewährleistet ist, können laichreife Tiere aus grösseren Gewässern in Seitenbäche aufsteigen, wo sie gute Fortpflanzungs- und Jungfischlebensräume vorfinden. Und nur wenn auch der Fischabstieg möglich ist, werden die jungen Forellen später in die Hauptflüsse abwandern und so deren Forellenbestände stärken.



Abbildung 14) Häufig sind kleine Fließgewässer als Fortpflanzungslebensräume besonders wertvoll. Auch deshalb ist die freie Fischwanderung zwischen Seiten- und Hauptgewässern für gesunde Fischpopulationen so wichtig.

Schon heute gibt es zahlreiche Gewässer mit funktionierender Naturverlaichung, die nicht auf Besatz angewiesen sind. Mit der Umsetzung des revidierten Gewässerschutzgesetzes sollen zudem möglichst viele der oben genannten Defizite behoben werden. Es laufen Bemühungen zur Sanierung des Geschiebetransportes und zur Wiederherstellung der freien Fischwanderung. Die Sicherung des Gewässer-raums soll garantieren, dass den Bächen und Flüssen der nötige Raum gegeben wird und Flächen in unmittelbarer Gewässernähe nur extensiv bewirtschaftet werden. Ebenso sollen dank zahlreicher Revitalisierungen wieder mehr geeignete Laich- und Jungfischlebensräume geschaffen werden. In den letzten Jahren wurden schon grosse Erfolge erzielt; so ist zum Beispiel die Jungforellendichte in den revitalisierten Aare-Abschnitten zwischen Thun und Bern dreimal höher als in den kanalisierten Abschnitten (**Abbildung 15**).

Dank dem revidierten Gewässerschutzgesetz werden weitere Erfolge folgen. Es besteht also Grund zur Hoffnung, dass sich die Forellen in Zukunft wieder vermehrt natürlich fortpflanzen können – und das ist Voraussetzung, um diese so schönen und vielfältigen Fische langfristig zu erhalten.

Abbildung 15)

Durch Gewässeraufwertungen können Laichplätze und Lebensräume für Jungfische geschaffen werden, wie die Revitalisierung Hunzigenau an der Aare zwischen Thun und Bern eindrücklich zeigt.





Bild: M. Roggo

Fiber-Workshop «Laichzeit! Laichgruben von Forellen erkennen und kartieren.»

In der Schweiz fehlt eine nationale Übersicht, wo und wann sich Forellen natürlich fortpflanzen. 2011 hat die Fischereiberatung Fiber das Programm «Laichzeit!» ins Leben gerufen. Damit wird Wissen rund um die Biologie und die Fortpflanzung der Forellen verbreitet, und es werden Informationen über die räumliche und zeitliche Verteilung der Laichaktivitäten von Forellen gesammelt.

Bis 2013 haben über 350 interessierte Personen die Fiber-Workshops zum Thema «Naturverlaichung von Forellen» besucht. In diesen Kursen wird vermittelt, wie wichtig die natürliche Fortpflanzung für gesunde Fischpopulationen ist. In einem Praxisteil am Wasser wird gezeigt, wie Laichgruben erkannt und kartiert werden. Die Kursbesucher können die Forellen auf den Laichplätzen – und mit etwas Glück sogar beim Laichakt – beobachten.

Die Fiber sammelt die von Kursbesuchern und anderen Interessierten erhobenen Daten und macht sie in geeigneter Form auf www.fischereiberatung.ch zugänglich. Diese Informationen bilden eine wertvolle Datengrundlage, um unsere Gewässer optimal zu bewirtschaften. Ausserdem liefern sie Argumente, um ein Fliessgewässer ökologisch aufzuwerten oder vor negativen Eingriffen zu schützen.

Machen auch Sie mit! Wichtige Informationen, die es bei einer Laichgrubenkartierung zu beachten gilt, finden Sie unter www.fischereiberatung.ch im Menüpunkt Laichzeit!. Wenn Sie sich vertieft mit dieser Thematik beschäftigen möchten, besuchen Sie am besten den nächsten «Laichzeit!-Workshop. Die Kurse finden in drei Sprachregionen jeweils an Wochenenden im November statt. Voranmeldungen werden jederzeit gerne entgegengenommen.

Voranmeldung Workshop «Laichzeit!»
E-Mail: fiber@eawag.ch | Telefon: +41 58 765 2171

Quellenangabe

Die in dieser Broschüre zusammengefassten Informationen basieren auf einer Vielzahl wissenschaftlicher Publikationen, mehreren Expertenberichten und Fachbüchern. Auf Anfrage werden gerne Quellen geliefert, welche die hier gemachten Aussagen stützen. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Quellen finden Sie unter www.fischereiberatung.ch/laichzeit/index

Besonders wichtige Grundlagen für diese Broschüre lieferten Gespräche mit und Arbeiten von A. Peter, M. Hinterhofer, G. Holzer, I. Keller, O. Seehausen, C. Largiadèr, A. Knutti, J. Brodersen, J. M. Fierz, Ch. Weber, C. Wedekind, R. Stelkens, D. Hefti, M. Kottelat, J. Freyhof, E. Schager, J. M. Elliott, L. Bernatchez und einigen mehr.

Bildnachweis

Titelseite: M. Roggo, B. Delling, L. Bammatter; **S. 2:** M. Roggo; **S. 5/6:** M. Roggo, O. Seehausen, I. Keller, B. Delling, J. Schöffmann; **S. 9:** Michaux, Edit. Bellegarde; **S. 10:** M. Roggo, **S. 11:** L. Bammatter, J. Brodersen, P. Dermond; **S. 12:** P. Dermond, R. Stelkens, **S. 14/15:** Fiber/G. Graeser, L. Bammatter; **S. 16:** M. Roggo; **S. 17:** M. Roggo; **S. 19:** M. Roggo (oben), Fiber/G. Graeser (unten); **S. 22:** R. Imboden; **S. 23:** A. Peter, Fiber, L. Valli; **S. 24:** A. Peter; **S. 25:** A. Peter; **S. 26/27:** Fiber, **S. 28:** Fiber, M. Roggo.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



Schweizerische Fischereiberatungsstelle
Bureau suisse de conseil pour la pêche
Ufficio svizzero di consiglio per la pesca
Biro svizzer da cussegliaziun per la pestga

eawag
aquatic research



Schweizerischer Fischerei-Verband SFV
Fédération Suisse de Pêche FSP
Federaziun Svizra da Pestga
Federazione Svizzera di Pesca

FIBER – Forellen in der Schweiz
Autor: Bänz Lundsgaard-Hansen, FIBER, August 2014
Lektorat: Lukas Bammatter, www.rundumfisch.com
Gestaltung: www.balymasera.ch, Druck: www.schellenbergdruck.ch
Gedruckt auf REFUTURA FSC + Recycling, aus 100% Altpapier

FIBER

Fischereiberatungsstelle

Eawag
Seestrasse 79
CH-6047 Kastanienbaum, Schweiz
Telefon +41 58 765 2171
Fax +41 58 765 2162
fiber@eawag.ch
www.fischereiberatung.ch



Schweizerische Fischereiberatungsstelle
Bureau suisse de conseil pour la pêche
Ufficio svizzero di consiglio per la pesca
Biro svizzer da cussegliaziun per la pestga

Publikationen

Eine Auswahl unserer Publikationen, welche Sie auch digital auf www.fischereiberatung.ch finden.

In gedruckter Form können die Publikationen über fiber@eawag.ch kostenlos bestellt werden.



Die Biodiversität der Schweizer Fische

A5, 20 Seiten



Revitalisierung von Fließgewässern

Fische im Fokus. A5, 12 Seiten



Fischbesatz in Fließgewässern

Aussetzen einer grösseren Anzahl von Fischen. A6/5, 10 Seiten



Schwall/Sunk

Auswirkungen des Schwallbetriebs von Wasserkraftwerken auf Fließgewässer. A6/5, 10 Seiten



PKD, Proliferative Nierenkrankheit

Informationen über Ansteckung, Krankheitsverlauf und Diagnose. A6/5, 8 Seiten

FIBER

Fischereiberatungsstelle

Eawag

Seestrasse 79

CH-6047 Kastanienbaum, Schweiz

Telefon +41 58 765 2171

Fax +41 58 765 2162

fiber@eawag.ch

www.fischereiberatung.ch



RECYCLED
Papier aus
Recyclingmaterial
FSC® C007631



neutral
Drucksache | 01-14-219757
myclimate.org