

# Die verborgene Vielfalt der Schweizer Fische

Die Vielfalt an Fischarten in der Schweiz wurde lange Zeit völlig unterschätzt. Das Wissen über die Vielfalt und Taxonomie der Schweizer Fische hat sich im letzten Jahrzehnt stark verbessert und wird sich in den kommenden Jahren rasant weiterentwickeln.

VON JAKOB BRODERSEN UND OLE SEEHAUSEN

**A**ls sich die grossen Gletscher der letzten Eiszeit aus dem Mittel- und Alpenvorland zurückzogen, füllten sich Mulden und Senken in der Landschaft mit Wasser und verwandelten sich in Seen, aus denen Fliessgewässer entsprangen, die zu grossen Flüssen anschwellen. Während rund 20 000 Jahren hatte es in den vereisten Gebieten keine Fische gegeben. Mit dem Ende der Würm-Eiszeit vor etwa 18 000 Jahren änderte sich dies.

In geologischen oder evolutionären Massstäben betrachtet, verging bis heute relativ wenig Zeit, um das Gebiet aus oft weit entfernten Refugialräumen neu zu besiedeln, sich den hiesigen Verhältnissen anzupassen und zu diversifizieren. Und dennoch ist die Schweiz ein Hotspot der Fischvielfalt in Europa. Dies liegt zum einen daran, dass die Quellen mehrerer grosser europäischer Flusseinzugsgebiete hier liegen, wodurch die Schweiz mit etlichen, weit entfernten Tieflandrefugien verbunden ist. Zum anderen beherbergt die Schweiz einzigartige und vielfältige aquatische Lebensräume.

**Man muss immer darauf vorbereitet sein, Arten zu begegnen, die in einer bestimmten Gegend nicht erwartet werden.**

Trotz bahnbrechenden frühen Arbeiten über die Fischvielfalt in der Schweiz, insbesondere von Dr. Paul Steinmann in der Mitte des 20. Jahrhunderts, gingen in der Folge viele dieser Spezies vergessen, wurden falsch eingeordnet oder blieben unbeschrieben. Seit rund 15 Jahren beschäftigt sich die Wissenschaft nun aber intensiver mit diesem Thema, wobei nicht nur herkömmliche und moderne Methoden der Ökologie, Taxonomie und Molekulargenetik kombiniert werden, sondern auch die Taxonomie- und Biodiversitätsforschung mit der Evolutionsbiologie verbunden wird. Dank diesem neuen Interesse wird jetzt ein detaillierteres Bild der spektakulären Fischvielfalt in Schweizer Gewässern sichtbar.

## Europas ignorierte Artenvielfalt

Bei den meisten Fischgattungen bevölkern stark divergierende Entwicklungslinien die Einzugsgebiete der grossen europäischen Ströme Po, Rhone, Rhein und Donau. Diese Linien waren oft während Hunderttausenden oder gar mehreren Millionen Jahren getrennt und haben sich derart weit voneinander entfernt, dass aus ihnen eigenständige Arten entstanden. Allerdings wurden diese Arten nur langsam entdeckt – vor allem, weil die moderne Ichthyologie des 20. und 21. Jahrhunderts mit dem Studium der Fischvielfalt in anderen Weltgegenden beschäftigt war, die als weniger gut erforscht galten, während die europäische Fischkunde auf dem

Stand der Wissenschaft des 19. Jahrhunderts stecken blieb. Viele eigenständige Arten wurden erst in den vergangenen Jahrzehnten beschrieben oder neu bewertet, und einige sind bis heute unbeschrieben.

Aber auch nach der Neubeschreibung oder Neubewertung von Arten durch Systematikerinnen und Systematiker dauert es meist Jahrzehnte, bis taxonomische Revisionen vorgenommen werden. Die Erforschung der schweizerischen Fischfauna ist aussergewöhnlich stark betroffen von dem daraus resultierenden heterogenen Wissen, weil hierzulande viele der grossen Flusssysteme Europas zusammenkommen. Noch vor zehn Jahren ging man davon aus, dass von den meisten Gattungen in jedem Einzugsgebiet die gleichen Arten vorkommen, was dazu führte, dass für die Schweiz nur gerade rund 50 einheimische Arten aufgelistet wurden.

## Treffpunkt Schweiz

Wie rasch das wahre Ausmass der Artenvielfalt schliesslich zutage trat, variierte je nach Gruppe. Dies hängt teilweise mit ungleichen ökonomischen oder anderen öffentlichen Interessen zusammen und teilweise damit, wie einfach charakteristische phänotypische Differenzen zu erkennen sind. So ging es beispielsweise bei den Barben und Forellen rascher (wobei in der Gattung der Forellen nach wie vor eine grosse Vielfalt verborgen liegt), während neue oder bisher unerkannte Arten bei den Elritzen und Schmerlen eben erst entdeckt werden.

Untersuchungen zahlreicher Fischgattungen der Schweiz deuten darauf hin, dass diese eine grosse Artenvielfalt aufweisen, die bisher komplett übersehen worden ist. Wenn man phylogeografische und taxonomische Studien, die in ganz Europa zu diesen Gruppen durchgeführt wurden, sowie schweizweit erhobene Daten betrachtet, bei denen DNA-Barcoding, Phänotypen und Mikrosatelliten-DNA oder DNA-SNPs (Nukleotid Polymorphismen) von zahlreichen Individuen kombiniert werden, wird offensichtlich, dass die Artenvielfalt bei diesen Gattungen in der Schweiz viel höher sein muss als bisher angenommen.

Das gilt namentlich für kleine und kommerziell unbedeutende Fische wie Schmerlen oder Elritzen. Bei den Elritzen (*Phoxinus* spp.) ist man bisher davon ausgegangen, dass die Gemeine Elritze (*Phoxinus phoxinus*) in der Schweiz nördlich der Alpen vorkommt, während die Italienische Elritze (*P. lumaireul*) südlich der Alpen lebt. Obwohl Hunderte von Individuen aus der ganzen Schweiz mit DNA-Barcoding und Mikrosatelliten-DNA untersucht wurden, konnte bis heute keine einzige *Phoxinus phoxinus* nachgewiesen werden. Stattdessen wurden mehrere andere eigenständige Arten identifiziert, die vorher nur aus Südfrankreich respektive dem Donaubecken bekannt gewesen waren. Weil Arten aus dem Osten (Donau/Inn) und dem Westen (Rhone) in der Schweiz zusammenreffen, ist der Artenreichtum hier besonders gross. Dieses Beispiel ist repräsentativ für viele andere Fälle.



Phänotypen der Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*: obere zwei Fische) und der Schwarzfeder (*Scardinius hesperidicus*: untere zwei Fische). Die Rotfeder weist deutlich rot gefärbte Flossen auf, die Schwarzfeder hat dagegen dunkelbraune Flossen. Quelle: Projet Lac & Progetto Fiumi

### Falsche Identifikation

Unser Verständnis der Vielfalt der Arten und ihrer Verbreitung hängt sehr stark davon ab, ob sich die Fische vor Ort bis auf Artenebene identifizieren lassen. Spezies, die in einem See oder Fluss nicht zu erwarten sind, werden leider allzu oft für eine erwartete verwandte Art gehalten. Wir haben in den vergangenen Jahren mehrere solcher Fälle verzeichnet, die durch sorgfältige Beachtung der phänotypischen Merkmale und Überprüfung durch DNA-Barcoding aufgedeckt wurden. So ist etwa die Gemeine Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) in den meisten Gegenden nördlich der Alpen weit verbreitet (und wird daher auch erwartet), während die Schwarzfeder (*Scardinius hesperidicus*) viel weniger verbreitet ist und nur südlich der Alpen bekannt war (weshalb sie im Norden auch nicht erwartet wurde). Diese beiden Arten unterscheiden sich phänotypisch deutlich (siehe Fotos oben); unter anderem hat die adulte Gemeine Rotfeder rote Flossen und die Schwarzfeder dunkelbraune. Obwohl in mehreren Seen im Schweizer Mittelland *Scardinius* mit dunkelbraunen Flossen relativ häufig auftreten, rechnete also niemand mit der Möglichkeit, dass Schwarzfedern auch nördlich der Alpen leben könnten – bis im «Projet Lac» das Vorkommen dieser südalpinen Art in nördlichen Seen dokumentiert wurde. Offenbar waren deren Merkmale nördlich der Alpen niemandem bekannt oder niemandem aufgefallen. Deshalb wurden diese Fische mit dunklen Flossen ganz einfach als lokale Varianten der Gemeinen Rotfeder betrachtet.

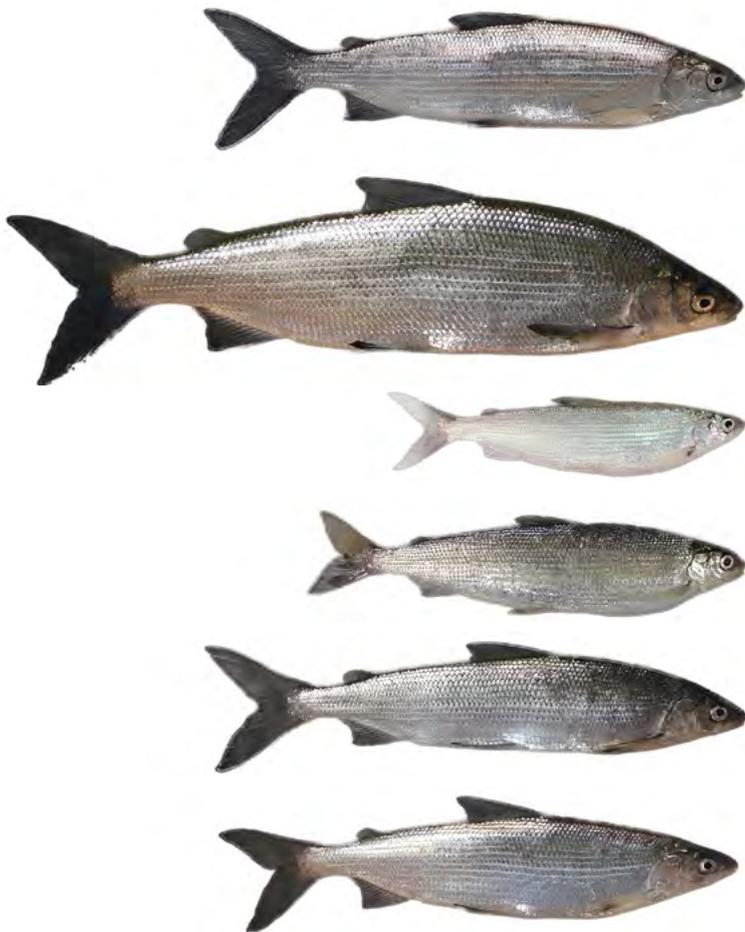
Dieses Beispiel erinnert daran, dass bei der lokalen Erforschung der Biodiversität immer das globale Bild im Auge behalten werden muss. Das heisst, dass man immer darauf vorbereitet sein muss, Arten zu begegnen, die in einer bestimmten Gegend nie zu-

vor gesehen wurden, und daher nicht erwartet werden. Während diese Einstellung bei Ornithologinnen und Ornithologen gängige Praxis ist, gilt dies bisher deutlich weniger für Personen, die sich mit Fischen befassen.

### Postglaziale Radiationen

Die oben erwähnten Beispiele betreffen uralte Spezies, die bisher schlicht übersehen wurden. Obwohl den zurückkehrenden Fischpopulationen nach dem Rückzug der Gletscher in der Schweiz geologisch gesehen nur eine relativ kurze Zeit zur Verfügung stand, haben sich hier dennoch seit dem Ende der letzten Eiszeit mehrere neue Arten entwickelt, die nur hier vorkommen (Endemiten). Besonders auffällig sind die wiederholten Radiationen von Felchen (*Coregonus* spp.), die (von einem gemeinsamen Vorfahren ausgehend) zu einer Auffächerung in rund 40 verschiedene Arten führten. Diese Radiationen haben in grossen und tiefen Seen mit zahlreichen ökologischen Nischen zur Entwicklung einer grossen Artenvielfalt geführt (siehe Abbildung S. 16), wobei Anzahl und Merkmale der Arten in jedem See etwas anders sind. Mehrere dieser endemischen Arten sind im 20. Jahrhundert während der weit verbreiteten Überdüngung der Seen durch menschliche Aktivitäten wieder ausgestorben.

Wir gehen davon aus, dass bei einigen anderen Fischgruppen eine ähnliche Entwicklung stattgefunden hat, z.T. aber bereits verloren ging, bevor sie dokumentiert wurde. Ein Kandidat ist der Seesaibling (*Salvelinus umbla*-Komplex): Drei Arten sind aus der Schweiz bereits beschrieben, doch wird eine weit grössere Vielfalt vermutet, die derzeit eingehender untersucht wird.



Sechs Felchenarten aus dem Vierwaldstättersee, die unterschiedliche ökologische Nischen im See bewohnen. Von oben: Alpnacherfelchen (*Coregonus* sp. «Alpnacherfelchen»); Balchen (*Coregonus* sp. «Bodenbalchen»); Albeli (*Coregonus zugensis*); Edelkarp (*Coregonus nobilis*); Benthischer Schwebbalchen (*Coregonus* sp. *benthic intermediate*); Offenwasser Schwebbalchen (*Coregonus* sp. *pelagic intermediate*).  
Quelle: Oliver Selz, Eawag

### Genetische Vielfalt innerhalb der Arten

Eine wichtige Komponente der gesamten Biodiversität ist auch die innerartliche Vielfalt. Ein Grossteil davon ist von blossen Auge nicht zu erkennen und äussert sich in Form von genetischen Variationen, von welchen manche funktionelle Unterschiede zwischen den Individuen bewirken, beispielsweise im Ablauf der physiologischen Prozesse. Diese Unterschiede zwischen Populationen gehen oftmals mit Anpassung an spezifische lokale Bedingungen einher, was sich beispielsweise bei einer Untersuchung von Forellen entlang von Höhengradienten gezeigt hat: Gewisse genetische Varianten treten in höheren Lagen tendenziell öfter auf, was die Anpassung der Forellen an stark unterschiedliche Wassertemperaturregimes widerspiegeln könnte.

Die Vielfalt der Genotypen innerhalb von Populationen ist auch eine Versicherung für das langfristige Überleben, denn sie ermöglicht die Anpassung an sich ständig verändernde Umweltbedingungen. Der Erhalt der innerartlichen genetischen Variation innerhalb und zwischen Populationen ist somit grundlegend für den Erhalt der Artenvielfalt in einer Zukunft, in welcher der ökologische Wandel die Fischpopulationen immer rascher vor ganz neue Herausforderungen stellen wird.

### Grosser Forschungsbedarf

In Bezug auf die Fischvielfalt in der Schweiz bleibt noch immer vieles zu verstehen und zu dokumentieren. Neuere Untersuchungen von Seen und Flüssen haben eine grosse Diversität sichtbar gemacht, die noch nicht wirklich erfasst ist. Dazu zählen unter anderem ein Tiefensaibling mit grossen Augen, der im Walensee gefunden wurde, genetisch einzigartige Populationen von punktförmigen Forellen in Bächen im Kanton Waadt und genetisch eigenständige Groppen in der Sense und den Alpenrandseen. Dank des neu erwachten Bewusstseins für die Biodiversität stehen wir vor vielen neuen und aufregenden Entdeckungen im Bereich der Fischvielfalt in der Schweiz. Zugleich befinden wir uns aber leider auch an einem Scheideweg, denn wenn wir nicht sofort reagieren, stirbt ein grosser Teil dieser Vielfalt aus, bevor wir sie überhaupt dokumentieren konnten.

**Seit die Wissenschaft intensiver und mit modernen Methoden Fische in der Schweiz untersucht, wird ein immer detaillierteres Bild der spektakulären Vielfalt in Schweizer Gewässern sichtbar.**

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Fischvielfalt in der Schweiz sehr viel grösser ist, als es lange den Anschein hatte. Diese Artenvielfalt übersteigt das, was ein einzelner Experte in einem ganzen Leben vollumfänglich entschlüsseln könnte. Dennoch muss auch der (noch) unbekannte Teil geschützt werden. Der Louvre in Paris beherbergt über 380 000 Kunstwerke, wovon 75 000 Gemälde sind. All diese Kunstwerke zusammen verkörpern ein überwältigendes Abbild der Geschichte, und niemand wird sich je einen kompletten Überblick darüber verschaffen können. Die meisten Menschen können aber wohl nur gerade die Mona Lisa, die Venus von Milo und eine Handvoll anderer Werke nennen, die das Publikum in Scharen ins Museum locken. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Fischen der Schweiz. Bekannt sind vor allem jene Spezies, die für die Fischerei relevant sind. Es ist aber die ganze Vielfalt auf allen Ebenen, die zur faszinierenden Naturgeschichte und zur Dynamik des Lebens beiträgt. •

**DR. JAKOB BRODERSEN** forscht an der Eawag und leitet dort die Gruppe Flussfisch-Ökologie innerhalb der Abteilung Fischökologie und -evolution. **PROF. DR. OLE SEEHAUSEN** leitet die Abteilung Fischökologie und -evolution an der Eawag. Er ist zudem Professor für aquatische Ökologie und Evolution an der Universität Bern und Mitdirektor des Instituts für Ökologie und Evolution der Universität Bern.  
Kontakt [Jakob.Brodersen@eawag.ch](mailto:Jakob.Brodersen@eawag.ch), [Ole.Seehausen@eawag.ch](mailto:Ole.Seehausen@eawag.ch) >>> Literatur [biodiversity.scnat.ch/hotspot](http://biodiversity.scnat.ch/hotspot)