

Die sardische Forelle (*Salmo* sp.) – Taxonomie, phänotypische Merkmale, Vorkommen, Erhaltungszustand – und die aktuelle Fischfauna in Sardinien's Binnengewässern

JOHANNES SCHÖFFMANN | Finkenweg 18, 9300 St. Veit/Glan, j.schoeffmann@hotmail.com

Abstract

The Sardinian trout (*Salmo* sp.) – taxonomy, phenotypic characteristics, occurrences, conservation status – and the current fish fauna of Sardinia's inland waters

The original fish community of the second largest Mediterranean island, Sardinia, consists of only a few species that colonized the island's inland waters as peripheral freshwater fish from the sea. The dominant species is the Sardinian trout, whose taxonomic position is still unclear. It used to inhabit all suitable waters of the island, but is now severely threatened by overfishing, loss of habitat and most importantly by the introduction of allochthonous trout. Pure native trout populations have only survived in a few streams. To counteract the loss of further native populations, measures must be taken to conserve natural habitats and to control and contain invasive species and illegal fishing.

Einleitung

Sardinien ist nach Sizilien die zweitgrößte Insel im Mittelmeer und in Italien. Mehr als 86 % des Territoriums sind gebirgig (18,5 %) und hügelig (67,9 %) mit einer durchschnittlichen Höhe von 334 m über dem Meeresspiegel. Die höchsten Erhebungen befinden sich im Gebirgsmassiv des Gennargentu in der Mitte der Insel mit den Bergen Punta La Marmora (1.834 m), Bruncu Spina (1.829 m) und einer Reihe weiterer Gipfel über 1500 m. Seit Jahrtausenden beeinflusst der Mensch Ökosysteme und verändert die Vegetation. Die seit prähistorischen Zeiten (13.500 v. Chr.) besiedelte Insel hat sich von einer von geschlossenen Primärwäldern dominierten Landschaft zu einem Mosaik aus agro-silvopastoralen Flecken gewandelt. Im letzten Jahrhundert waren beinahe 40 % der Oberfläche von Gras- und Weideland bedeckt, mehr als 20 % von mediterraner Macchia und nur etwa 10 % von Laubwäldern. Die Waldbedeckung hat seit 1985 rapide zugenommen und macht mittlerweile mehr als 20 % der Fläche aus. Andererseits haben menschliche Aktivitäten wie Land- und Forstwirtschaft (unter Verwendung exotischer Baumarten), Überweidung und Einsatz von Feuer zur Vergrößerung der Weideflächen, Industrialisierung und Urbanisierung vielerorts Bodendegradation und Erosion verursacht (Vacca et al., 2002; Puddu et al., 2012). Das hydrografische Netz besteht aus einigen Flüssen, die ganzjährig einen



Abb. 1:

Karte von Sardinien:

- 1 Riu Pelasole,
- 2 Riu Punta Ittia,
- 3 Riu Altana,
- 4 Flumineddu,
- 5 Chiedosso,
- 6 Bau Mandara,
- 7 Riu Pardu,
- 8 S'Acqua Callenti,
- 9 Ollastu,
- 10 Canale di Canargius,
- 11 Camboni,
- 12 Piras,
- 13 Riu Ponte Enas.

kontinuierlichen Wasserfluss aufweisen. Die längsten dieser Flüsse sind Tirso (152 km), Flumendosa (127 km), Coghinas (116 km), Cedrino (80 km), Liscia (57 km), Temo (55 km), Posada (50 km) und Flumini Mannu¹ (42 km). Viele der kleineren Flussläufe und Bäche trocknen während des größten Teils der Sommer-Herbst-Periode ganz oder teilweise aus und es bleiben oft nur noch vereinzelte Tümpel übrig, die vom unterirdisch fließenden Wasser gespeist werden. Allerdings kann es durch die Niederschläge im Winter und im Frühling zu sehr starkem Abflüssen kommen. Der einzige natürliche See Sardiniens ist der Lago di Baratz, ein etwa 60 ha großes Gewässer im Nordwesten der Insel. Die Notwendigkeit, das verfügbare Oberflächenwasser für die Versorgung der Bevölkerung zu speichern, hat zum Bau zahlreicher Staudämme geführt, die das hydrografische Regime drastisch verändert haben. So bleiben selbst die wichtigsten der sogenannten mehrjährigen Flüsse stromabwärts der Dämme lange Zeit des Jahres trocken.

Die in den Binnengewässern Sardiniens heimischen Fischarten wurden erstmals 1777 von Francesco Cetti, einem Jesuitenpriester, Mathematiker und Zoologen, beschrieben. Er erwähnt auch die Anwesenheit von Forellen, die er als heimisch ansieht, ohne näher darauf einzugehen. Weitere Erläuterungen zur Fischfauna Sardiniens finden sich in den Werken des Abtes und Historikers Goffredo Casalis (1836) und des Ichthyologen und Physikers Decio Vinciguerra (1895). Die erste ausführliche Beschreibung (mit detaillierten Zeichnungen) der auf Sardinien beheimateten Forellen, einschließlich der relevanten Flussläufe und ihrer Ökosysteme, wurde 1940 von dem Zoologen Francesco Pio Pomini veröffentlicht, dessen Forschung sich insbesondere auf die Forellen Italiens konzentrierte.

Die Fischfauna in Sardiniens Binnengewässern

Die ursprüngliche Fischgemeinschaft der Binnengewässer Sardiniens besteht aus einer geringen Anzahl von Arten, die als periphere Süßwasserfische aus dem Meer die Insel besiedelten. Diadrome Fische, wie die Forellen, kamen während verschiedener pleistozäner Kaltzeiten nach Sardinien und bildeten auch stationäre Populationen. Nachdem sich das Mittelmeer nach der letzten Eiszeit (Würm) vor etwa 15 000 Jahren wieder erwärmte, stellten die anadromen Populationen ihre Wanderungen ein. Neben der heimischen Forelle, die einst alle geeigneten Gewässer der Insel bewohnte und am weitesten ins Landesinnere vorgedrungen ist, stellt der Aal (*Anguilla anguilla*) die häufigste Art dar. Allerdings sind die Bestände seit den 1970er Jahren stark zurückgegangen, nicht zuletzt als Folge der Errichtung von Dämmen, die den Aufstieg in die Oberläufe unterbinden und die Wanderung in den Unterläufen wegen zu wenig Restwassers während der Trockenperioden erschweren. Zu den autochthonen Arten zählen auch der Stichling (*Gasterosteus gymnaurus*) (Abb. 2) und der Süßwasserschleimfisch (*Salarias fluviatilis*) (Abb. 3). Die Verbreitung des Süßwasserschleimfisches ist in den letzten Jahrzehnten deutlich zurückgegangen und der Stichling ist nur in wenigen Gewässern zu finden (Sabatini et al., 2021). Das Meerneunauge (*Petromyzon marinus*) galt lange als verschollen, wurde jedoch erst kürzlich im Unterlauf des Tirso nachgewiesen (Orrù & Buscarinu, 2019). Der Stör (*Acipenser sturio*) ist gänzlich aus den sardischen Flüssen verschwunden. Der Kleine Ährenfisch (*Atherina boyeri*) ist eine euryhaline Art, die sowohl im marinen Küstenbereich als auch in ruhigen Brack- und Süßwasserzonen der Flüsse, oft weit im Landesinneren, vorkommt (Abb. 4). Die anadrome Form der Finte (*Alosa algeriensis*) stieg früher in alle größeren Flüsse Sardiniens zum Laichen auf, heute hingegen gibt es nur noch ein paar stationäre Populationen in Stauseen wie dem Lago Omodeu (Tirso) und dem Lago Medio Flumendosa. Zu den Fischen, die aus dem Meer in die Brackwasserzonen und gelegentlich bis in die unteren Flussabschnitte ziehen, gehören der Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) und die Meeräschen (Mugilidae), die mit fünf Arten in Sardiniens Gewässern vertreten sind (Sabatini et al., 2021). Den Zebraikarpfing *Aphanius fasciatus* findet man hauptsächlich im Brackwasserhabitat der Küstenlagunen. Die Populationen wurden durch die Zerstörung ihrer Lebensräume, Wasserverschmutzung und den Besatz mit exotischen Fischen dramatisch reduziert oder ausgelöscht (Maltagliati et al., 2003).

Die Zahl der Fischarten in Sardiniens Binnengewässern hat sich durch die Einfuhr gebietsfremder Arten deutlich erhöht. Bisher wurden 16 Arten allochthonen Ursprungs eingebürgert, von denen einige weit verbreitet sind, während andere nur auf wenige



Abb. 2: Dreistachliger Stichling (*Gasterosteus gymnaurus*) aus dem Oberlauf des Piras.



Abb. 3: Süßwasserschleimfisch (*Salaria fluviatilis*) im Flumendosa.

© Benedikt Schöffmann

hydrografische Regionen beschränkt sind. Bereits 1896 wurde die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) auf die Insel gebracht. Allerdings ist sie in Fließgewässern nicht sehr häufig und nur an wenigen Orten vorherrschend. Darüber hinaus gibt es kaum zuverlässige Beweise für eine erfolgreiche Fortpflanzung in freien Gewässern. Nach Cottiglia (1968) vermehrt sie sich nur in Flüssen, die arm an anderen Salmoniden sind. Im Gegensatz dazu wurden die seit Beginn des 20. Jahrhunderts eingeführten Bachforellen (*Salmo trutta*) atlantischer Abstammung in fast allen Regionen Sardinien angesiedelt, mit zumeist schwerwiegenden Auswirkungen auf die autochthonen Forellenpopulationen. Ebenfalls Anfang des 20. Jahrhunderts wurden zur »Bereicherung« der Fischfauna weitere Arten eingeführt, wie Schleie (*Tinca tinca*), Goldfisch (*Carassius auratus*), Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Flussbarsch (*Perca fluviatilis*). Der Koboldkärpfling (*Gambusia affinis*) wurde wie in vielen anderen Mittelmeerregionen zur Stechmückenbekämpfung ausgesetzt. Für die Sportfischerei wurden ab 1962 Forellenbarsch (*Micropterus salmonides*) und Katzenwels (*Ameiurus melas*) in die sardinischen Binnengewässer eingebracht. In den folgenden Jahren kamen einige kleinere Fischarten hinzu: Schmerle (*Cobitis bilineata*), Italienische Rotfeder (*Scardinius hesperidicus*), Laube (*Alburnus arborella*), Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) und Blaubandkärpfling (*Pseudorasbora parva*). Eine der letzten nicht-heimischen Fischarten, die in Sardinien eingeschleppt wurden, ist der Italienische Hecht (*Lucio cisalpinus*). Er wurde erstmals 2011 im Stausee Bau Muggeris (Flumendosa) eingesetzt. Es etablierte sich eine stabile, sich selbst erhaltende Population, die sich bis ins angrenzende Flussgebiet ausbreitete. Zeitgleich gelangte auch der kleine Karpfenfisch Triotto (*Rutilus aula*) in dieses Gewässer – wahrscheinlich als Nahrungsgrundlage für den Hecht gedacht (Kottelat & Freyhof, 2007²; Sabatini et al., 2021;



Abb. 4: Kleiner Ährenfisch (*Atherina boyeri*) im Unterlauf des Ollastu.

© Benedikt Schöffmann

Schöffmann, 2023). Andere Arten wie *Cottus gobio* und *Barbus* sp. wurden in älterer Literatur fälschlicherweise für Sardinien aufgeführt, was bereits von Cottiglia (1968) widerlegt wurde.

Sardiniens autochthone Forelle

Nomenklatur und Genetik

Die in Sardinien heimische Forelle, auf Italienisch häufig »trota sarda« (sardische Forelle) genannt, wurde im Laufe der letzten zwei Jahrhunderte verschiedenen Taxa zugeordnet. Im Jahr 1858 beschrieb der französische Zoologe Auguste Duméril zwei Forellen aus dem Nordosten Algeriens als neue Art: *Salar macrostigma*. Die Bezeichnung »macrostigma« (großer Fleck) bezieht sich nicht, wie oftmals angenommen, auf den dunklen Fleck hinter dem Auge, sondern auf die »großen, rundlichen schwarzen Flecken entlang der Seiten« (Jugendflecken), die auch bei den adulten Individuen noch deutlich sichtbar sind. Für Duméril stellen diese regelmäßig an den Flanken angeordneten Flecken das Hauptmerkmal von *S. macrostigma* dar und er nannte die Art daher auch »Forelle mit den großen Flecken« (Triute à grandes taches). Der belgisch-britische Ichthyologe George Albert Boulenger untersuchte Anfang des letzten Jahrhunderts einige sardische Forellen aus dem Britischen Museum und gelangte zu der Auffassung, dass diese den Forellen aus Algerien und Marokko entsprechen, u. a. in Anbetracht der geringen Zahl (ca. 20) von Pylorusanhängen (Appendices pyloricae). Boulenger (1901) klassifizierte die sardische Forelle daher als *Salmo macrostigma* Duméril, 1858. Dieser Name (oder *Salmo trutta macrostigma*) wurde danach von vielen Autoren für verschiedene perimediterrane Forellen verwendet (Vinciguerra, 1902; Pellegrin, 1921; Pomini, 1940; Tortonese, 1954; Behnke, 1968; Lelek, 1987; Gandolfi et al., 1991). Kottelat (1997) hingegen betrachtet *S. macrostigma* als jüngeres Synonym von *S. cettii* und gibt dem älteren Namen den Vorzug. Unter dem Namen *Salmo cettii* beschrieb Rafinesque Schmalz (1810) die Forellen von Sizilien. Dieses Taxon wurde später von mehreren Autoren für die Forellen aus den ligurischen und tyrrhenischen Becken der Apenninenhalbinsel, einschließlich Sizilien, Korsika und Sardinien, eingesetzt (Kottelat & Freyhof, 2007; Bianco, 2014; Gratton et al., 2014). Die Forellen Siziliens besitzen jedoch spezifische Haplotypen der Atlantik-Linie (AT) und weisen eine enge Verwandtschaft zu Forellen von Marokko und Algerien auf (Schöffmann et al., 2007; Snoj et al., 2011; Tougaard et al., 2018), wohingegen alle übrigen Forellen der Region Haplotypen der im Mittelmeerraum vorherrschenden phylogenetischen Linien (Adria-, Mittelmeer- und Marmoratus-Linie) aufweisen. Bei den heimischen Forellen Sardiniens wurden nur Haplotypen der Adria-Linie (AD) nachgewiesen, in Korsika zusätzlich Haplotypen der Mittelmeer-Linie (ME) und der Marmoratus-Linie (MA) (Bernatchez, 2001; Sabatini et al., 2011; Berrebi et al., 2019). Somit kann weder *S. macrostigma* noch *S. cettii* als Name für die sardische Forelle in Betracht gezogen werden. Die Diskrepanz in dieser systematischen Nomenklatur wurde schon in einer früheren Publikation (Schöffmann, 2007) kommentiert. Angesichts dieser Widersprüche wurde neuerdings vorgeschlagen, das Taxon *S. cettii* nur für die in Sizilien und Nordafrika heimischen Populationen (den südlichen Zweig der Atlantik-Linie) zu reservieren und *Salmo ghigii* Pomini, 1941 für alle anderen, einschließlich der von Sardinien, zu verwenden (Splendiani et al., 2019; Sabatini et al., 2021). Doch wird der von Pomini (1941) für die Forellen aus dem Adriafluss Sagittario (Abruzz) eingeführte Name, je nach Autor, als Synonym von *S. cenerinus* oder *S. farioides* angesehen – d. h. für die Bachforellen des Adriabeckens (Gratton et al., 2014; Bianco, 2014). Die in Sardinien gefundenen Haplotypen bilden eine eigenständige Gruppe



Abb. 5: Forelle aus dem Canale di Canargius.

© Luca Baccellini

innerhalb der Adria-Linie, womit nach Ansicht einiger Autoren (Hashemzadeh Segherloo et al., 2021) die Benennung einer eigenen Art für die »Sardische Forelle« gerechtfertigt erscheint. Die Frage der Klassifikation der Forellen in Sardinien und den angrenzenden mediterranen Regionen bleibt also weiterhin unbeantwortet.

Phänotypische Merkmale

Ein gemeinsames Merkmal der nativen Forellen Sardiniens sind die in der Regel zahlreichen, unregelmäßig geformten schwarzen Flecken an den Seiten und in der Rückenflosse. Die Flecken entlang oder unterhalb der Seitenlinie können auch horizontal verlängert sein oder teilweise zu einer Marmorierung verfließen (Abb. 5). Manchmal treten auch ein paar rötliche, oft schwarz überlagerte Flecken entlang der Seitenlinie oder im hinteren Bereich der Flanken auf (Abb. 6 u. 10). Dies betrifft vor allem jüngere Exemplare, selten adulte Tiere. So zeigen z. B. die Forellen im Einzugs des Riu Posada bereits ab einer Totallänge (TL) von etwa 8 cm nur mehr schwarze Flecken. Eine Ausnahme bilden die Forellen des Riu Piras, die im Erwachsenenalter hauptsächlich orange oder rötliche Flecken aufweisen (Abb. 7). Bei allen Populationen scheinen bis zu etwa 22 cm TL 10 bis 14 vertikal länglich geformte, nicht sehr deutliche Jugendfleckchen auf, die bei älteren Tieren verblassen und oft durch vier dunkle Bereiche oder vertikale Binden ersetzt werden. Diese befinden sich hinter der Kiemenöffnung, unter der Rückenflosse, über den Ansatz der Afterflosse und an der Wurzel der Schwanzflosse. Die Fettflosse ist im Jugendstadium rötlich umrandet, bei Adulten meist nur braun gefärbt. Wie bereits von Pomini (1940) detailliert dargestellt, herrscht eine gewisse phänotypische Variabilität innerhalb der Populationen, insbesondere aber zwischen den verschiedenen Populationen. In manchen Populationen



Abb. 6: Forelle aus dem Bau Mandara.

© Luca Baccellini



Abb. 7: Forelle (24 cm TL) aus dem Oberlauf des Piras.

finden sich von der Norm stark abweichende Phänotypen. So beschreibt Pomini die Forellen des Chiedosso, eines Quellbaches des Flumendosa, mit schwarzen und »intensiv korallenroten« Flecken an den Flanken, oft auch in der Rückenflosse und manchmal sogar in der Fettflosse. Nur wenige Individuen weisen ausschließlich schwarze Flecken auf. Bei allen Exemplaren sind weiße, schwarz gesäumte Vorderkanten an Rücken-, After- und Bauchflossen deutlich zu erkennen. Heute ist diese Population nicht mehr genetisch rein erhalten, aber vereinzelt sind noch Individuen mit den beschriebenen Merkmalen anzutreffen.

Im Folgenden werden die Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten in Fleckenmuster, Körper- und Flossenfärbung zwischen den Forellen Sardiniens und der Nachbarinseln Sizilien und Korsika hervorgehoben. Die autochthonen Forellen Siziliens besitzen wie die meisten sardischen Forellen fast nur schwarze Flecken. Diese sind aber bei den sizilianischen Individuen generell weniger zahlreich, etwas größer und runder geformt und haben eine breite helle Umrandung. Die bei Jungfischen noch schmalen vertikalen Jugendflecken nehmen mit zunehmenden Alter eine ovale bis runde Form an, wobei die Jugendflecken an den vorderen Flanken oft ineinander verfließen. Vier dunkle Bereiche oder Querbinden treten jedoch auch bei Adulten niemals auf. Ein gänzlich anderes Fleckenmuster findet sich bei den Forellen Korsikas: Bei so gut wie allen Populationen sind neben den schwarzen auch deutliche rote Flecken zu beobachten; lediglich bei überdurchschnittlich großen Exemplaren (> 28 cm TL) kann



Abb. 8: Forelle aus dem Riu Ponte Enas.

© Luca Baccellini

es vorkommen, dass nur ein schwarzes Fleckenmuster aufscheint. Schmale Jugendflecken sind gewöhnlich bis zu einer Größe von etwa 22 cm TL vorhanden; daraus entwickeln sich dann allmählich vier dunkle Flächen. Als ein weiteres charakteristisches Merkmal kann die Färbung der Rücken- und der Afterflosse herangezogen werden. Die sizilianischen Forellen zeigen an beiden Flossen (manchmal auch an den Bauchflossen) weiße Vorderkanten, gefolgt von einem schwarzen Rand. Dieses Merkmal ist bei atlantikstämmigen (AT) Forellen weit verbreitet, fehlt aber normalerweise bei Forellen der mediterranen Abstammungslinien (AD, ME, MA) sowie aller anderen bekannten Linien und Arten der Gattung *Salmo*. Eine Ausnahme scheint jedoch bei den Forellen von Korsika und in geringerem Maße auch von Sardinien zu bestehen. Während die typische Markierung an den Flossen bei ersteren sehr häufig vorkommt, ist sie bei den Forellen Sardiniens zumeist nur in abgeschwächter Form und hauptsächlich bei jüngeren Exemplaren vorhanden. Es ist noch nicht geklärt, ob das Auftreten von weiß-schwarzen Vorderkanten in Dorsalis und Analis bei den korsischen und sardischen Forellen auf anthropogen verursachten oder natürlichen Einfluss durch Atlantikforellen zurückzuführen ist oder ob es sich um ein plesiomorphes Merkmal handelt, das bei den Forellen dieser Mittelmeerregion erhalten blieb (Schöffmann, 2007, 2013).

Im Allgemeinen überschreiten die sardischen Forellen selten 25 cm TL und erreichen nur in wenigen Gewässern nennenswerte Größen (30–40 cm TL), wie etwa im Flumineddu, dem größten Nebenfluss des Cedrino. Ähnlich große Forellen konnte ich nur im Riu Punta Ittia, einem linken Zufluss des Riu Posada, beobachten. Im Riu Ponte Enas im Einzugsgebiet des Temo (Abb. 8) wurden indes Exemplare mit über 50 cm TL gefangen und im Riu Altana, einem rechten Nebenfluss des Posada, sogar bis zu 60 cm TL (L. Baccellini, pers. Mitt.). Auch Pomini (1940) berichtete über große Wachstumsraten der Posada-Forellen im Vergleich zu anderen Populationen Sardiniens.

Gegenwärtige Verbreitung und Erhaltungszustand

Besatzmaßnahmen mit eingeführten Forellen der Atlantik-Linie (AT) nordischer Herkunft seit Beginn des 20. Jahrhunderts haben dazu geführt, dass heute nur mehr wenige, genetisch reine Populationen der sardischen Forelle existieren. Der Großteil der Populationen ist unterschiedlichen Grades durch allochthone Gene beeinflusst. Alle durchgeführten Studien haben nur das Vorhandensein des adriatischen Haplotyps (AD) in reinen Populationen ergeben. Um nachzuweisen, ob eine genetische Kontamination stattgefunden hat, muss die Analyse der mitochondrialen Marker



Abb. 9: Forelle (22 cm TL) aus dem Riu Is Abius, Camboni-Zufluss.

© Benedikt Schöffmann

(Haplotypen) der matrilinearen Übertragung (nur von der Mutter vererbt) durch die Analyse der nuklearen Marker (*LDH*) bestätigt werden. Nur wenn beide Marker bei einer genügend großen Anzahl beprobter Individuen vom autochthonen Typ sind, kann die Population als dem einheimischen Bestand zugehörig angesehen werden. Die Analyse der nuklearen DNA ist zudem unerlässlich, um reine Populationen von hybridisierten zu unterscheiden: Das Allel *LDH-C*100* ist für die sardische Forelle diagnostisch, während Besatzforellen auf das Allel *LDH-C*90* fixiert sind³. Aktuelle Studien zur Präsenz des nativen *LDH-C*100*-Allels lassen erkennen, dass die ursprüngliche genetische Variabilität der Forellen trotz massiver Besatzmaßnahmen immer noch weit verbreitet ist. Erwiesenermaßen reine Populationen der sardischen Forelle findet man heute noch in folgenden Flusssystemen: Posada, Cedrino, Pula, Camboni (Cixerri), Piras (Mannu di Pabillonis) und in zwei Zuflüssen des Flumendosa: Furittu/S'Acqua Callenti und Riu Bau Mandara. Weitere Populationen, die nur eine geringfügige Kontamination aufweisen oder aufgrund unzureichender Probenzahlen bisher noch nicht ausreichend untersucht werden konnten, finden sich in den Einzugsgebieten von Temo und Padrogiano (Sabatini et al., 2011, 2021; Zaccara et al., 2015). Es ist durchaus denkbar, dass sich in abgelegenen Bächen noch die eine oder andere kleine Population erhalten hat, die von Besatzfischen weitgehend verschont geblieben ist. Forellen, die zumindest optisch der sardischen Forelle entsprechen, gibt es zum Beispiel im Coghinas-Einzugsgebiet. Pomini (1940) berichtete über einen reichen Forellenbestand im Riu Cannas/Picocca⁴. Heute ist die Population dieses Flusses und seines Nebenflusses Ollastu als Folge des Besatzes mit exotischen Arten, insbesondere dem räuberischen Katzenwels, mit großer Wahrscheinlichkeit verschwunden. Im Herbst 2000 konnten noch vereinzelt autochthone Forellen in Restwassertümpeln an den Unterläufen dieser Flüsse nachgewiesen werden (Schöffmann, 2013). Eine ähnliche Situation betrifft den Riu Pardu, wo zuletzt 1996 einige Exemplare der sardischen Forelle belegt wurden (Schöffmann, 1997). Der erhöhte Wasserverbrauch für die Feldbewässerung hat dazu geführt, dass der Unterlauf in der Trockenzeit komplett versiegt und nur noch im obersten Flussabschnitt genügend Wasser verbleibt, um das Überleben der Fische zu ermöglichen. Im Mai 2023 konnte ich hier allerdings starkes Algenwachstum beobachten. Von der zunehmenden Wasserknappheit und punktuellen Nährstoffeinträgen sind auch zahlreiche andere Flüsse Sardinien betroffen (Abb. 13). Ein weiteres Phänomen, das das Überleben von Forellenpopulationen gefährden kann, ist das Auftreten von lokalen Extremwetterereignissen. So wurde beispielsweise die Population des Flumineddu im Winter 2005/2006 durch einen verheerenden Bergrutsch infolge starker Regenfälle weit-



Abb. 10: Forelle (18 cm TL) aus dem Riu Is Abius, Camboni-Zufluss.

© Benedikt Schöffmann



Abb. 11: Riu Is Abius, Camboni-Zufluss.

gehend ausgelöscht (Schöffmann, 2013). Die anschließende Wiederbesiedelung erfolgte wahrscheinlich aus Seitenbächen des Oberlaufs, wie den Bacu Non Bie Boe. Der Forellenbestand im Flumideddu konnte sich bald wieder stabilisieren und liegt nun etwa auf dem gleichen Niveau wie zuvor.

Erst vor wenigen Jahren wurde im Naturschutzreservat des Monte Arcosu westlich von Cagliari eine genetisch noch unverfälschte Forellenspopulation entdeckt: im kleinen Fluss Riu Camboni und seinen beiden Zubringern Riu Marroccu und Riu Is Abius im Einzugsgebiet des Cixerri (Abb. 9 u. 10). Gelegentlich kommen sogar vereinzelte Exemplare im Lago di Medau Zirimilis vor, einem 12 Hektar großen Stausee am Unterlauf des Camboni, der seit den 1980er Jahren besteht. Der Camboni und seine Zuflüsse sind unscheinbare Bäche, die während der meisten Zeit des Jahres sehr wenig Wasser führen. Die Gumpen sind kaum tiefer als 50 cm und der Großteil des Bachlaufs ist nur wenige Zentimeter tief (Abb. 11 u. 12). Trotzdem gibt es offensichtlich eine gesunde natürliche Reproduktion: Anfang Mai 2023 konnte ich an verschiedenen Flachstellen zahlreiche Jungfische (250–400 mm TL) beobachten.

Es wurden Versuche unternommen, die Forellen dieses Flusssystems auch künstlich zu vermehren und in geeigneten, zuvor abgefishchten Flussläufen im Einzugsgebiet des Flumendosa anzusiedeln (Sabatini et al., 2011, 2018; Zaccara et al., 2015). Hervorzuheben ist hier, dass das Management zur Erhaltung der heimischen Forellenvielfalt idealerweise bei den lokalen Populationen ansetzen sollte, um die genetische Struktur vor allem auf mikrogeografischer Ebene zu berücksichtigen. Die potenziellen Gefahren und Probleme, die sich aus der Verwendung von Fischen aus anderen Einzugsgebieten für unterstützende Zucht- und/oder Wiederansiedelungsaktivitäten in der Natur ergeben können, wurden bereits ausführlich diskutiert (z. B. Splendiani et al., 2019).

Cottiglia (1968) berichtete über regelmäßige Fänge von Forellen im Meer vor der Flumendosa-Mündung während des Winters. Die heutigen Forellenvorkommen Sardinien liegen zwischen 1.100 m (Flumendosa-Quellgebiet) und 15 m (Padrogiano-Einzugsgebiet) über dem Meeresspiegel. In den unteren und mittleren Lagen können die sommerlichen Wassertemperaturen der Gewässer bis auf 26 °C ansteigen – gelegentlich sogar noch höher. Die Forellen halten sich dann an den tieferen Stellen von Gumpen auf, wo das Wasser etwas kühler bleibt. Oftmals liegen ganze Flussabschnitte über eine lange Periode des Jahres trocken. Das Überleben der Forellen ist mitunter noch in wenigen Tümpeln möglich, die mit kühlem Wasser aus dem Untergrund gespeist werden (Abb. 14). So wie auf den beiden Nachbarinseln gelang es



Abb. 12: Riu Marroccu, Camboni-Zufluss.

auch den Forellen Sardiniens, sich im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte an die speziellen Umweltbedingungen anzupassen, insbesondere im Hinblick auf erhöhte Wassertemperaturen. Ob sie ebenso dem fortschreitenden Klimawandel gewachsen sein werden, bleibt abzuwarten.

Fazit und Ausblick

Bei den autochthonen Forellen Sardiniens wurden ausschließlich mtDNA-Haplotypen der Adria-Linie nachgewiesen, der dominanten und am weitesten verbreiteten phylogenetischen Linie der Gattung *Salmo* im gesamten Mittelmeerraum. Einige genetische und phänotypische Merkmale sprechen für die Sonderstellung der sardischen Forelle und könnten möglicherweise sogar die Benennung einer eigenständigen Art rechtfertigen. Die Einfuhr domestizierter Forellen der Atlantik-Linie hat dazu geführt, dass heute nur noch wenige der ursprünglichen Bestände rein erhalten sind. In der Arbeit von Pomini (1940) wird angemerkt, dass schon damals auf der Insel der Besatz mit allochthonen Forellen aus Fischzuchten praktiziert wurde. Daher vermied er es, Proben aus den betroffenen Flusssystemen für seine Untersuchungen zu verwenden, sodass das gesammelte Material (ca. 300 Exemplare) mit ziemlicher Sicherheit untermischt war. Er beobachtete die Existenz einer großen Anzahl von Populationen, die sich oft deutlich voneinander unterschieden. Leider sind viele davon inzwischen verschwunden. Um dem Verlust weiterer nativer Forellenpopulationen entgegenzuwirken, müssen in erster Linie Maßnahmen zur Erhaltung natürlicher Lebensräume sowie zur Kontrolle und Eindämmung invasiver Arten und illegaler Fischerei ergriffen werden. Aber auch ein starker Rückgang der Bestände könnte die genetische Diversität einzelner Populationen unwiederbringlich reduzieren. Für die sardische Forelle kann dies eine erhebliche Verringerung ihrer Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen bedeuten.

¹⁾ Das sardische Wort »mannu« bedeutet »groß« (lat. magnus) und ist Bestandteil zahlreicher Flussnamen in Sardinien (z. B. Riu Mannu). »Flùmini« (auch flùmene, frùmene, frumi etc.) heißt »Fluss« (lat. flumen). Meist steht jedoch »Riu«, der sardische Begriff für Bach oder Fluss, vor dem Eigennamen.

²⁾ Die systematische Klassifikation der angeführten Arten folgt Kottelat & Freyhof, 2007.

³⁾ Gemäß Allozym-Studien sind die in den Einzugsgebieten des südwestlichen Atlantiks und des Mittelmeeres beheimateten Forellen durch das Allel *LDH-C*100* gekennzeichnet, das als das anzestrale Allel gilt. Das Allel *LDH-C*90*, das als abgeleitetes Allel angesehen wird, ist wiederum vorherrschend bei den Forellenpopulationen der Atlantik-Linie im Nordwesten Europas und in den meisten europäischen Zuchtbeständen entweder ausschließlich oder mit sehr hoher Häufigkeit vorhanden (Schöffmann et al., 2007; und darin enthaltene Referenzen).

⁴⁾ Der Fluss Picocca entsteht aus dem Zusammenfluss von Riu Cannas und Riu Ollastu.



Abb. 13: Spuren der Entsorgung verendeter Rinder im Riu Bau Mandara.

LITERATUR

- Behnke, R. J., 1968. Süßwasserfische der Türkei. 6. Teil: A new subgenus and species of trout, *Salmo (Platy-salmo) platycephalus*, from south-central Trukey, with comments of the classification of the sub-family Salmonidae. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, 66: 1–15.
- Bernatchez, L., 2001. The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution*, 55: 351–379.
- Berrebi, P., V. Caputo Barucchi, A. Splendiani, S. Muracciole, A. Sabatini, F. Palmas, C. Tougard, M. Arculeo & S. Marić, 2019. Brown trout (*Salmo trutta* L.) high genetic diversity around the Tyrrhenian Sea as revealed by nuclear and mitochondrial markers. *Hydrobiologia*, 826: 209–231.
- Bianco, P. G., 2014. An update on the status of native and exotic freshwater fishes of Italy. *Journal*
- Boulenger, G. A., 1901. On the occurrence of *Salmo macrostigma* Dum. in Sardinia. *Annals and Magazine of Natural History*, 8–14.
- Casalis, G., 1836. Dizionario geografico storico-statistico degli Stati di S.M. il Re di Sardegna. Vol. 3, Maspero, Marzobati e Comp., Torino.
- Cetti, F., 1777. Anfibi e Pesci di Sardegna. Stamperia di Giuseppe Piattoli, Sassari. www.archive.org/details/anfibipecsidisa00cett.
- Cottiglia, M., 1968. La distribuzione della ittiofauna dulciacquicola in Sardegna. *Rivista di Idrobiologia*, 7(1/2): 63–116.
- Duméril, A., 1858. Note sur une Triute d'Algérie (*Salar macrostigma*, A. Dum.). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 47: 160–162.
- Gandolfi, G., S. Zerunian, P. Torricelli & A. Marconato, 1991. I pesci delle acque interen italiane. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 616 pp.
- Gratton, P., G. Allegrucci, V. Sbordonì & A. Gandolfi, 2014. The evolutionary jigsaw puzzle of the surviving trout (*Salmo trutta* L. complex) diversity in the Italian region. A multilocus Bayesian approach. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79: 292–304.
- Hashemzadeh Segherloo, I., J. Freyhof, P. Berrebi, A.-L. Ferchaud, M. Geiger, J. Laroche, B. A. Levin, E. Normandeau & L. Bernatchez, 2021. A genomic perspective on an old question: *Salmo* trouts or *Salmo trutta* (Teleostei: Salmonidae)? *Molecular Phylogenetics and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107204>.
- Kottelat, M., 1997. European freshwater fishes. *Biologia*, 52(5): 1–271.
- Kottelat, M. & J. Freyhof, 2007. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Lelek, A., 1987. The freshwater fishes of Europe. Vol. 9. Threatened fishes of Europe. Aula, Wiesbaden, 343 pp.
- Maltagliati, F., P. Domenici, C. Franch Fosch, P. Cossu, M. Cassu & A. Castelli, 2003. Small-scale morphological and genetic differentiation in the Mediterranean killifish *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontidae) from a coastal brackish-water pond and an adjacent pool in northern Sardinia. *Oceanologica Acta*, 26(1): 111–119.
- Orrù, F. & P. Buscarinu, 2019. Presenza della lampreda di mare (*Petromyzon marinus* L., 1758) nelle acque dolci della Sardegna a più di quarant'anni dall'ultima segnalazione documentata. Atti del Congresso della Società italiana Ittiologi Acque Dolci (AIAD). Roma, 7-10 novembre.
- Pellegrin, J., 1921. Les poisons d'eau douce d'Afrique du Nord française: Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara. *Mémoires de la Société des Sciences naturelles du Maroc*, 1(2).
- Pomini, F. P., 1940. Ricerche sul *Salmo macrostigma* Dum. *Bolletino di Pesca, Piscicoltura e Idrobiologia*, 16(3): 13–63.
- Pomini, F. P., 1941. Ricerche sul *Salmo* dell'Italia peninsulare. I. La trota del Sagittario (Abruzzi): *Salmo ghigii* (n. sp.). Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano, 80: 33–48.



Abb. 14: Oberlauf des Piras – Rest eines Tümpels, in dem Forellen überlebten.

- Puddu, G., A. Falcucci & L. Maiorano, 2012. Forest changes over a century in Sardinia: implications for conservation in a Mediterranean hotspot. *Agroforest Systematics*, 85: 319–330.
- Rafinesque Schmaltz, C. S., 1810. *Indice d'ittologia siciliana*, catalogo metodico dei nomi latini, italiani, e siciliani dei pesci, che si rinvencono in Sicilia. Messina, 70 pp. 2 pls.
- Sabatini, A., R. Cannas, M. C. Follesa, F. Palmas, A. Manunza, G. Matta, A. A. Pendugiu, P. Serra & A. Cau, 2011. Genetic characterization and artificial reproduction attempt of endemic Sardinian trout *Salmo trutta* L., 1758 (Osteichthyes, Salmonidae): Experiences in captivity. *Italian Journal of Zoology*, 78(1): 20–26.
- Sabatini, A., C. Podda, G. Frau, M. V. Cani, A. Musu, M. Serra & F. Palmas, 2018. Restoration of native Mediterranean brown trout *Salmo cettii* Rafinesque, 1810 (Actinopterygii: Salmonidae) populations using an electric barrier as a mitigation tool. *The European Zoological Journal*, 85(1): 137–149.
- Sabatini, A., S. Cabiddu, G. Frau, A. Musu, F. Palmas, C. Podda & M. Serra. 2021. Carta ittica della Sardegna. Vol. 1, Regione Autonoma della Sardegna; Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Sezione di Biologia Animale ed Ecologia.
- Schöffmann, J., 1997. Mediterrane »Inselforellen« – autochthone Forellen (*Salmo trutta* L.) auf Korsika, Sardinien und Sizilien. *Österreichs Fischerei*, 50: 70, 87–90.
- Schöffmann, J., 2007. Zur Herkunft, Verbreitung und systematischen Nomenklatur der Forellen (*Salmo trutta* L.) im Mittelmeerraum. *Österreichs Fischerei*, 60: 90–93.
- Schöffmann, J., 2013. Die Forellen der Gattung *Salmo* – Diversität und Verbreitung. AquaTech Publications, Kitzbühel, 236 pp.
- Schöffmann, J., 2023. Hechte (*Esox* spp.) in Europa – Arten, Verbreitung und Unterscheidungsmerkmale. *Carinthia II*, 133: 207–216.
- Schöffmann, J., S. Sušnik & A. Snoj, 2007. Phylogeographic origin of *Salmo trutta* L. 1758 from Sicily, based on mitochondrial and nuclear DNA analyses. *Hydrobiologia*, 575: 51–55.
- Snoj, A., S. Marić, S. Sušnik Bajec, P. Berrebi, S. Janjani & J. Schöffmann, 2011. Phylogeographic structure and demographic patterns of brown trout in North-West Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 61: 203–211.
- Splendiani, A., F. Palmas, A. Sabatini & V. Caputo Barucchi, 2019. The name of the trout: considerations on the taxonomic status of the *Salmo trutta* L., 1758 complex (Osteichthyes: Salmonidae) in Italy. *The European Zoological Journal*, 86(1): 432–442.
- Tortonese, E., 1954. The trouts of Asiatic Turkey. *Istanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiologi*, Seri B, 2: 1–26.
- Tougard, C., F. Justy, B. Guinand, E. J. P. Douzery & P. Berrebi, 2018. *Salmo macrostigma* (Teleostei, Salmonidae): Nothing more than a brown trout (*Salmo trutta*) lineage? *Journal of Fish Biology*, 93(2): 302–310.
- Vacca, A., S. Loddo, G. Serra & A. Aru, 2002. Soil degradation in Sardinia (Italy): main factors and processes. In: 7. International meeting on soils with Mediterranean type of climate (P. Zdruli, P. Steduto & S. Kapur, Eds.), 50: 413–423.
- Vinciguerra, D., 1895. Indagini praticate in Sardegna per determinare la possibilità di ripopolare le acque dolci e di esercitarvi l'orticoltura. *Bollettino delle Notizie Agrario*, Ministero dell'Agricoltura e dell'Industria Commerciale XVII 1:22.
- Zaccara, S., S. Trasforini, C. M. Antognazza, C. Puzzi, J. R. Britton & G. Crosa, 2015. Morphological and genetic characterization of Sardinian trout *Salmo cettii* Rafinesque, 1810 and their conservation implications. *Hydrobiologia*, 760(1): 205–223.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 2024

Band/Volume: [77](#)

Autor(en)/Author(s): Schöffmann Johannes

Artikel/Article: [Biologie und Ökologie. Die sardische Forelle \(Salmo sp.\) – Taxonomie, phänotypische Merkmale, Vorkommen, Erhaltungszustand – und die aktuelle Fischfauna in Sardinien's Binnengewässern 137-149](#)