©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Wissenschaft

Österreichs Fischerei Jahrgang 56/2003 Seite 298-306

Unterschiede im Phänotyp von Bachforellen und Seeforellen aus rezenten Wildpopulationen, aus Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts und aus Zuchten

FRANZ LAHNSTEINER
Institut für Zoologie, Universität Salzburg, Hellbrunner Str. 34, 5020 Salzburg

ALBERT JAGSCH
Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Scharfling 18, 5310 Mondsee

PAUL JÄGER
Amt der Salzburger Landesregierung, Gewässerschutz, Postfach 725, 5020 Salzburg

Abstract

Differences in the phenotype of lake trout and brown trout populations from present wild populations, wild populations from the 19th century and from hatcheries

The phenotype of Austrian brown trout *(Salmo trutta f. fario)* and lake trout *(Salmo trutta f. lacustris)* populations from the wild, from hatcheries and from the 19th century (museum material) was investigated morphometrically. Statistically significant changes were found between the populations. In particular, the phenotype of the populations from the 19th century differed from the today's populations in several parameters. Lake trouts and brown trouts with a phenotype similar to that from the 19th century could not be found in today's populations.

Einleitung

Die Gemeine Forelle *(Salmo trutta* Linné) weist eine große phänotypische Plastizität und Formenvielfalt auf. Entsprechend der geographischen Verbreitung kann sie in geographische Gruppen eingeteilt werden (Sanford, 1990): Mittelmeerforelle, Pontokaspische Forelle und Atlantische Forelle. Die Verbreitungsgebiete der einzelnen Gruppen stimmen zumeist mit den großen hydrographischen Einzugsgebieten (Atlantik, Mittelmeer, Schwarzes- und Kaspisches Meer mit Aralsee) überein.

Man kann *Salmo trutta* auch nach der Lebensweise in Standortformen unterteilen (Sanford, 1990), die in jeder geographischen Gruppe vorkommen können: die Meerforelle *(Salmo trutta* oder *Salmo trutta trutta),* die Bachforelle *(Salmo trutta f. fario)* und die Seeforelle *(Salmo trutta f. lacustris)*. Die Meerforelle *(Salmo trutta trutta)* ist eine anadrome Wanderform, ähnlich wie der atlantische Lachs. Die Bachforelle *(Salmo trutta* forma *fario)* ist kleiner und eine standorttreue Süßwasserform, die Flüsse und Bäche besiedelt. Die Seeforelle *(Salmo trutta* forma *lacustris)* kommt in tiefen, kalten Seen in Skandinavien, im Alpenraum sowie in einigen Seen im Nahen Osten vor.

Aufgrund der beschriebenen Plastizität ist es naheliegend, daß auch lokale Populationen von Bachforelle und Seeforelle als Anpassung an das jeweilige Gewässersystem und an die jeweilige Umweltsituation ein unterschiedliches Aussehen (= Phänotyp oder Morphotyp) haben.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Morphometrische Unterschiede zwischen Fischpopulationen wurden in zahlreichen Untersuchungen und für verschiedene Arten einschließlich der Salmonidae beschrieben (Cadrin, 2000). Entsprechende Erhebungen existieren bisher aber nicht für österreichische Bachforellen- und Seeforellenpopulationen. Aus diesem Grund wurden nun Vergleiche zwischen rezenten Wildpopulationen, Zuchtpopulationen, die häufig zur Nachbesetzung verwendet werden, und Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert (Museumsfische) angestellt, um folgende Fragen beantworten zu können: Wie weit unterscheidet sich der Phänotyp von Zuchtpopulationen von dem von Wildpopulationen? Wie sahen Bach- und Seeforellen zum Ende des 19. Jahrhundert aus, also bevor die umfangreichen Besatzmaßnahmen durchgeführt wurden? Bestehen zwischen rezenten Wildpopulationen morphologische Unterschiede? Gibt es heute noch Populationen, die im Phänotyp den Bach- und Seeforellen aus dem 19. Jahrhundert gleichen?

Material und Methoden

Untersuchte Fischpopulationen

Die untersuchten Fischpopulationen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Populationen aus dem 19. Jahrhundert stammen aus der Fischsammlung des Naturhistorischen Museums in Wien. Sämtliche Fische sind Adulttiere, das Geschlecht wurde nicht unterschieden.

Tab. 1: **Untersuchte Fischpopulationen**

Population	Datum (Exemplare)	Totallänge cm
Seeforelle, 19. Jahrhundert		
Attersee	1876 (3), 1881 (1),	31,7 ± 8,1
Traunsee	1863 (3), 1883 (3), 1899 (1), 1890 (2), 1909 (1)	32,8 ±7,0
Seeforelle, rezente Populationen		
Attersee, aus Fischzucht Kreuzstein, Sbg.	2002 (8)	30,3 ± 2,4
Zuchtstamm Glück, Mauerkirchen OÖ	2002 (6)	30,9 ± 2,5
Bachforelle, 19. Jahrhundert		
Bad Aussee, Graf Meran, Stmk.	1880 (6), 1890 (3)	28,0 ± 1,7
Filzbach, 1800 m, Pinzgau, Sbg.	1899 (5)	16,6 ± 1,6
Hintersee, Sbg.	1900 (1), 1902 (6)	30,2 ± 2,6
Krems bei Kirchdorf, OÖ	1878 (4)	29,6 ± 2,1
Mürz, Stmk.	1880 (5)	24,7 ± 1,4
Traun, Bad Ischl, OÖ	1887 (8)	20,8 ± 2,1
Bachforelle, rezente Wildpopulationen		
Blühnbach, Sbg.	2000 (5), 2001 (3)	19,9 ± 1,7
Nationalpark Kalkalpen, Ameisbach, OÖ	2001 (8)	33,2 ± 3,2
Nationalpark Kalkalpen, Hollersbach, OÖ	2001 (8)	27,7 ± 6,2
Lammer, Sbg.	2002 (6)	19,8 ± 1,7
Bachlalm, Sbg.	2001 (6)	20,8 ± 1,2
Feistritz, Mühlviertel, OÖ	2001 (8)	17,0 ± 4,7
Bachforelle, rezente Zuchtpopulationen		
Forstamt Grein, NÖ	2000 (4), 2001 (5)	27,3 ± 1,3
Erboe, Zucht Wienerroither, OÖ	2001 (8)	35,1 ± 2,9
Glück, Mauerkirchen, OÖ	2002 (10)	30,0 ± 2,4
Glück, Wolfern, OÖ	2002 (10)	26,8 ± 2,1
Hartl, St. Peter i. d. Au, OÖ	2001 (10)	25,9 ± 2,1
Magg, Saalfelden	2002 (5)	29,6 ± 2,1
»Steinforelle«, Zucht Wienerroithner, OÖ	2001 (8)	22,0 ± 0,7
Unger, Bad Wimsbach-Neidharting, OÖ	2002 (6)	40,0 ± 3,3

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Datenerhebung

Ziel der Untersuchungen war die morphometrische Vermessung des Fischkörpers, die Erfassung der Färbung sowie die Rekonstruktion des Phänotyps in Computerprogrammen. Die Vermessungen wurden entweder an in MS 222 betäubten Fischen, frisch getöteten Fischen oder an Alkoholpräparaten (Museumsfische) durchgeführt. Zur morphometrischen Vermessung wurden 25 Parameter gewählt, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Dieses Vermessungsschema stellt eine Modifikation von Holčík et al. (1989) dar. Die Vermessung wurden immer von derselben Person durchgeführt, um subjektiv bedingte Meßfehler auszuschließen, und mit gängigen Meßgeräten (Lineal, Schublehre, Maßband). Zur Dokumentation und Erhebung der Färbung wurden die Fische fotografiert und die Bilder digitalisiert. Die Anordnung der roten und schwarzen Farbpunkte wurde nach folgendem Schema in mathematische (nominale) Daten codiert:

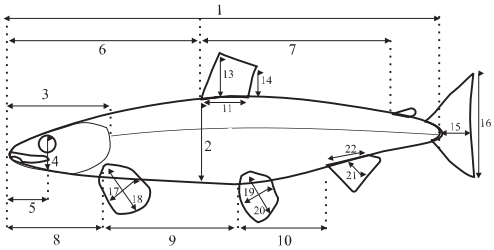

Abb. 1: Vermessungsschema. 1 Körperlänge, 2 Körperhöhe, 3 Kopflänge, 4 Kopfbreite, 5 Länge des Mundspalts, 6 Abstand Kopfspitze–Rückenflosse, 7 Abstand Rückenflosse–Fettflosse, 8 Abstand Kopfspitze– Brustflosse, 9 Abstand Brustflosse–Bauchflosse, 10 Abstand Bauchflosse–Afterflosse, 11 Länge der Rückenflosse, 12 und 13 Höhe der Rückenflosse, 14 Länge der Schwanzflosse, 15 Breite der Schwanzflosse, 16 Breite der Brustflosse, 17 Länge der Brustflosse, 18 Breite der Bauchflosse, 19 Länge der Bauchflosse, 20 Breite der Afterflosse, 21 Länge der Afterflosse, 22 Länge der Fettflosse, 23 Breite der Fettflosse. Der Übersicht halber sind folgende Parameter nicht eingezeichnet: Augendurchmesser, Abstand Mundspalt–Auge, Abstand Kopfspitze–Auge.

Parameter	Kennzeichen	Code
Beginn der roten bzw. der schwarzen Punkte	am Kiemendeckel	1
	hinter Kiemendeckel	2
	im Bereich der Rückenflosse	3
Ende der roten bzw. der schwarzen Punkte	im Bereich der Rückenflosse	1
	bei Schwanzflosse	2
Verlauf der roten bzw. der schwarzen Punkte	nur oberhalb Seitenlinie	1
	ober- und unterhalb Seitenlinie	2
	nur unterhalb Seitenlinie	3
Vermischung von roten und schwarzen Punkten	keine	1
	mittel	2
	stark	3

Weiters wurde die Gesamtanzahl von roten und schwarzen Farbpunkten auf je einer Seite des Fischkörpers ermittelt. Nicht berücksichtigt wurden die Hintergrundfärbung und der Durchmesser der Farbpunkte, da beide Parameter stark von Umweltbedingungen beeinflußt wurden. Bei den Museumsfischen waren die schwarzen Punkte trotz Alkoholkonservierung klar zu erkennen. Die rote Färbung war ausgewaschen. Vom Untergrund hell abgesetzte Punkte wurden als rote Punkte gewertet.

Statistische Auswertung

Da sich die Fische in ihrer Körpergröße unterschieden, konnten die Meßwerte nicht direkt verglichen werden. Sie wurden entsprechend folgender Formel transformiert:

$$\text{transformierter Meßparameter} = \frac{\text{Meßparameter}}{\text{Totallänge}} \times 100$$

Auch die Anzahl der Farbpunkte pro Körperseite wurde mit dieser Formel transformiert. Die Flossenformen wurden in geometrischen Figuren schematisiert und deren Flächen mit gän-

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

gigen mathematischen Formeln berechnet. Mittelwertsvergleiche wurden im SPSS PC+ Programm mittels ANOVA durchgeführt. Da der direkte Parametervergleich zwischen den Populationen Ziel der Untersuchungen war, wurde auf eine Diskriminanzanalyse (eine gängige Methode für die statistische Analyse von morphometrischen Daten – Holčík et al., 1989) bewußt verzichtet.
Um die Unterschiedlichkeit aller Meßparameter und damit des Phänotyps von 2 Populationen bestimmen zu können, wurde folgende Berechnung durchgeführt. Für die beiden zu vergleichenden Populationen wurde der Mittelwert der Meßparameter gebildet. Die Differenzen der Mittelwerte wurden als absoluter Betrag summiert. Dieser Wert wurde Variationswert genannt und ist ein einheitsloser Wert. Je größer der Wert, um so größer der Unterschied zwischen 2 Populationen.

$$V = |\,(mP1_a - mP1_b)\,| + \ldots + |\,(mP25_a - mP25_b)\,|$$

V Variationswert
m Mittelwert
$P1_a$ Meßparameter 1 von Population a
$P1_b$ Meßparameter 1 von Population b
$P25_a$ Meßparameter 25 von Population a
$P25_b$ Meßparameter 25 von Population b

Da auch innerhalb einer Population Unterschiede in den Meßparametern vorhanden waren, wurde für jede Population auch der interne Variationswert zwischen den einzelnen Individuen berechnet. Dazu wurden die Proben nach dem Zufallsprinzip in 2 gleich große Teilproben geteilt, deren Mittelwert und anschließend der Variationswert berechnet. Eine andere getestete Berechnungsmöglichkeit des Variationswerts war die Summierung der aus der ANOVA resultierenden F-Werte. Dies brachte aber keine anderen Ergebnisse.

Rekonstruktion des Phänotyps

Die Rekonstruktion wurde im Corel-Draw-Zeichenprogramm durchgeführt. Die »Bauteile« des Fischkörpers wurden im Programm durch entsprechende Formen schematisiert und definiert. Die »Bauteile« konnten mit den Meßpunkten exakt definiert werden. Da das Computerprogramm die proportionale und nicht proportionale Größenveränderung der einzelnen Bauteile sowie die Positionsveränderung der Bauteile zueinander ermöglicht, konnte der Phänotyp jeder Population individuell rekonstruiert werden. Die Phänologie der einzelnen Populationen ist in Datenbanken gespeichert, kann aber hier aufgrund des Datenumfangs nicht im Detail präsentiert werden.

Ergebnisse

Der Phänotyp von Bachforellen aus rezenten Wildpopulationen, aus Wildpopulationen des 19. Jahrhundert und aus Zuchtpopulationen

Die Totallänge der rezenten Wildpopulationen (22,2 ± 5,7 cm) und der Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert (23,0 ± 4,5 cm) war signifikant geringerer als die der Zuchtpopulationen (29,6 ± 6,2 cm). Die untersuchten Populationen unterschieden sich auch in morphometrischen Parametern, und zwar in Körperhöhe, Körperdicke, Kopflänge, Kopfbreite, Augendurchmesser und in der Form und den Dimensionen der Flossen (Tabelle 2).
Grundsätzlich waren Bachforellen aus Zuchten hochrückiger und dicker als rezente Wildpopulationen und Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert, und der Augendurchmesser war geringer (Tabelle 2). Die Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert hatten zusätzlich einen längeren Kopf, eine geringere Kopfbreite und Körperdicke sowie einen längeren Mundspalt als Zuchtpopulationen und rezente Wildpopulationen (Tabelle 2, Abbildung 2).
Mit Ausnahme der Rückenflosse unterschieden sich auch die Flossen. Die Schwanzflosse war bei Bachforellen aus Zuchten breiter aber weniger lang als bei Wildpopulationen (rezent und 19. Jahrhundert) (Tabelle 2). Vor allem die Brust- und Bauchflossen, aber auch die Afterflossen wiesen zwischen rezenten Populationen (gezüchtet und wild) und Populationen aus dem

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tab. 2: **Unterschiede in morphometrischen Parametern zwischen österreichischen Bachforellen aus Zuchten, aus rezenten Wildpopulationen und aus Populationen des 19. Jahrhunderts.** Die Meßdaten wurden entsprechend der in Material und Methoden beschriebenen Formel (Seite 301) transformiert und mittels Varianzanalyse verglichen. Daten mit unterschiedlichem Superskript unterscheiden sich hochsignifikant, P<0,001.

Parameter	Bachforelle, Zucht	Bachforelle, wild, rezent	Bachforelle, wild, 19. Jh.	Seeforelle, rezent	Seeforelle, 19. Jh.
Körperhöhe	23,50 ± 2,50^{a}	18,91 ± 2,69^{b}	18,05 ± 2,86^{b}	20,78 ± 2,47^{a}	20,54 ± 1,44^{a}
Mundspalt	10,59 ± 1,66$^{a, b}$	8,44 ± 2,50^{a}	11,16 ± 1,26^{b}	11,10 ± 0,65^{b}	11,03 ± 0,57^{b}
Kopflänge	21,91 ± 3,06^{a}	21,55 ± 3,06^{a}	22,87 ± 1,42^{b}	20,63 ± 2,72^{a}	20,29 ± 3,48^{a}
Augendurchmesser	3,26 ± 0,48^{a}	4,02 ± 1,07^{b}	4,02 ± 0,46^{b}	3,53 ± 0,45^{a}	3,47 ± 0,55^{a}
Breite Kiemendeckel	12,04 ± 1,75^{a}	11,71 ± 2,35$^{a, b}$	11,00 ± 1,04$^{a, b}$	10,89 ± 1,79^{b}	10,78 ± 1,24^{b}
Schwanzflosse, Breite	24,05 ± 3,02^{a}	22,28 ± 4,82^{b}	19,93 ± 2,30^{c}	23,16 ± 2,61^{a}	21,09 ± 1,99^{b}
Schwanzflosse, Länge	8,09 ± 1,42^{a}	10,51 ± 2,90^{b}	10,32 ± 1,76^{b}	9,32 ± 2,27^{a}	7,79 ± 1,70^{b}
Rückenflosse, Höhe	10,61 ± 2,06^{a}	9,86 ± 2,26^{a}	8,13 ± 1,56^{b}	8,85 ± 1,56^{a,b}	9,68 ± 2,57^{a}
Rückenflosse, Länge	9,48 ± 3,34^{a}	12,09 ± 2,84^{b}	10,74 ± 1,12$^{a, b}$	11,85 ± 1,82^{a}	10,26 ± 0,62^{b}
Brustflosse, Breite	7,94 ± 1,66^{a}	9,27 ± 2,83^{b}	7,47 ± 1,90^{a}	7,94 ± 1,66^{a}	9,27 ± 2,83^{b}
Brustflosse, Länge	8,24 ± 2,37^{a}	12,09 ± 2,84^{b}	14,88 ± 1,30^{c}	8,24 ± 2,37^{a}	12,09 ± 2,84^{b}
Bauchflosse, Breite	7,26 ± 1,29^{a}	9,00 ± 1,98^{b}	5,34 ± 1,40^{c}	7,26 ± 1,29^{a}	9,00 ± 1,98^{b}
Bauchflosse, Länge	9,63 ± 1,59^{a}	10,59 ± 1,71^{b}	11,43 ± 1,01^{c}	9,63 ± 1,59^{a}	10,59 ± 1,71^{b}
Afterflosse, Länge	8,93 ± 1,89^{a}	11,41 ± 2,15^{b}	7,52 ± 0,63^{c}	7,55 ± 0,66^{c}	7,68 ± 0,78^{c}
Afterflosse, Breite	8,64 ± 1,20^{a}	7,81 ± 3,08^{b}	9,55 ± 1,07^{a}	8,35 ± 1,47^{a}	8,53 ± 1,74
Körperdicke	10,22 ± 3,41^{a}	7,51 ± 1,21^{b}	6,13 ± 1,24^{b}	10,69 ± ,59^{a}	6,35 ± ,99^{b}
Fläche der Flossen:					
Brustflosse	95,4 ±35,0^{a}	123,9 ± 35,1^{b}	111,7 ± 32,9^{c}	89,4 ± 23,5^{a}	81,7 ±18,5a
Bauchflosse	70,1 ± 16,9^{a}	93,0 ± 25,7^{b}	61,3 ± 18,1^{a}	73,7 ± 24,3^{a}	54,4 ± 23,97^{b}
Afterflosse	74,5 ± 18,3^{a}	85,3 ± 27,1^{b}	72,1 ± 11,3^{a}	57,0 ± 5,9^{a}	61,8 ± 16,1^{a}
Rückenflosse	95,8 ± 29,7^{a}	119,8 ± 43,3^{c}	87,1 ± 17,6^{a}	104,1 ± 21,3^{a}	98,3 ± 23,4^{a}
Schwanzflosse	186,8 ± 42,7^{a}	237,4 ± 77,7^{b}	206,2 ± 44,8^{c}	212,7 ± 42,5^{a}	163,9 ± 41,9^{b}
Gesamtfläche	521,8 ± 107,0^{a}	657,6 ± 126,5^{b}	538,3 ± 73,0^{a}	537,1 ± 59,5^{a}	455,0 ± 62,7^{b}

19. Jahrhundert klare Unterschiede auf. Bei Bachforellen aus dem 19. Jahrhundert waren sie lang und schmal, bei rezenten kurz und breit (Tabelle 2). Dabei waren die Flossen von Zuchtpopulationen grundsätzlich kleiner als die von Wildpopulationen. In der Folge unterschied sich auch die Flossenfläche: Sowohl die Gesamtfläche der Flossen als auch die Fläche der einzelnen Flossen war bei rezenten Wildpopulationen klar größer als bei Zuchtpopulationen und Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert (Tabelle 2). Die graphische Rekonstruktion der Phänotypen ist aus Abbildung 2 ersichtlich.

Die Färbung der Bachforellen variierte innerhalb jeder Population beträchtlich. Häufig kamen innerhalb einer Population alle unterschiedlichen Farbvarianten vor, sowie große Unterschiede in der Dichte der Farbpunkte. Daher konnten in der Färbung keine klaren Unterschiede festgestellt werden, sondern nur statistisch nicht signifikante Tendenzen. Die schwarzen Punkte reichten bei Zuchtforellen meist bis zur Schwanzflosse, bei Wildpopulationen (rezent und 19. Jahrhundert) endeten sie meist zwischen Rücken- und Fettflosse. Die roten Punkte begannen bei Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert bereits am Kiemendeckel, bei heutigen Wild- und Zuchtpopulationen eher nicht. Die roten Punkte zeigten bei rezenten Wild- und Zuchtpopulationen eine Tendenz, unterhalb der Seitenlinie zu liegen. Bei Bachforellen aus dem 19. Jahrhundert lagen sie meist oberhalb und unterhalb der Seitenlinie.

Die morphometrischen Parameter wiesen zwischen den verschiedenen Zuchtpopulationen eine hohe Plastizität auf, da sich die untersuchten 8 Zuchtpopulationen untereinander in 17 (77%) Parametern unterschieden (Abstand Brustflosse–Bauchflosse, Abstand Kopfspitze–Auge,

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Abstand Mundspalt–Auge, Abstand Rückenflosse–Fettflosse, Augendurchmesser, Breite Afterflosse, Breite Brustflosse, Breite Kiemendeckel, Breite Schwanzflosse, Höhe Rückenflosse, Kopflänge, Körperbreite, Länge Afterflosse, Länge Brustflosse, Länge Mundspalt, Länge Rückenflosse, Länge Schwanzflosse). Die 6 untersuchten rezenten Wildpopulationen unterschieden sich untereinander in 10 (44%) Parametern (Abstand Mundspalt–Auge, Abstand Kopfspitze–Brustflosse, Augendurchmesser, Breite Bauchflosse, Breite Kiemendeckel, Breite Schwanzflosse, Kopflänge, Körperbreite, Länge Mundspalt, Länge Rückenflosse). Die 6 Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert unterschieden sich nur in 6 Parametern (22%) (Augendurchmesser, Bauchflosse Breite, Brustflosse Länge, Körperbreite, Rückenflosse Länge, Schwanzflosse Länge).
Auch die Färbung variierte zwischen den Zuchtpopulationen am stärksten (71% Variabilität), gefolgt von rezenten Wildpopulationen (57% Variabilität), und war in den Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert am geringsten (43% Variabilität).

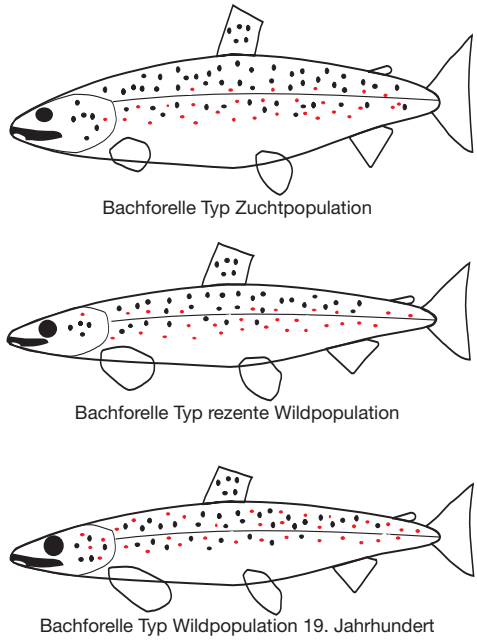

Abb. 2: Bachforellenphänotypen von Zuchtpopulationen, rezenten Wildpopulationen und Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts. Computergrafik auf Datengrundlage von Tabelle 2

Der Phänotyp von Seeforellen aus rezenten Populationen des 19. Jahrhunderts und aus Zuchtpopulationen

Die untersuchten Seeforellenpopulationen unterschieden sich nicht in der Totallänge (32,5 ± 7,0 cm). Die für die Untersuchungen erhältlichen rezenten Seeforellen waren Zuchtpopulationen. Sie konnten mit morphometrischen Parametern nicht eindeutig von Bachforellenzuchtpopulationen unterschieden werden. Diese Aussage muß aber kritisch betrachtet werden, da nur 2 rezente Seeforellenpopulationen untersucht werden konnten. Die Seeforellenpopulationen des 19. Jahrhunderts unterschieden sich in morphometrischen Parametern klar von Bachforellenpopulationen des 19. Jahrhunderts (Tabelle 2). Die Seeforellen waren hochrückiger und hatten eine geringere Kopflänge. Schwanzflosse, Brustflossen, Bauchflossen und Afterflosse waren bei Seeforellen signifikant kleiner als bei Bachforellen. Die rezenten Seeforellen unterschieden sich in vielen Parametern von Seeforellenpopulationen aus dem 19. Jahrhundert (Tabelle 2, Abbildung 3). Die Schwanzflosse war bei rezenten Populationen größer und die Rückenflosse länger. Typisch waren auch die bereits bei den Bachforellen beschriebenen Unterschiede in der Form der Brust- und Bauchflossen, die bei Seeforellen aus dem 19. Jahrhundert länger, aber schmäler waren als bei rezenten Populationen. In der Färbung bestanden zwischen den untersuchten Populationen keine Unterschiede.

Unterschiede im Phäntotyp zwischen einzelnen Bachforellen- und Seeforellenpopulationen

Die ermittelten morphometrischen Parameter unterschieden sich innerhalb einer Population nur gering. Der interne Variationswert betrug 20,1 ± 3,4 cm und war für alle untersuchten Populationen gleich. In der Folge konnte definiert werden, daß sich der Phänotyp von Populationen bei einem Variationswert von <20 cm nicht unterschied. Per Definition wiesen Variationswerte >35 cm auf einen hohen Grad an morphologischer Unterschiedlichkeit hin und somit auf unterschiedliche Phänotypen.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Die Bachforellenwildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert zeigten untereinander eine große Ähnlichkeit, da 93% der Populationen den gleichen Phänotyp aufwiesen (Variationswert < 20) (Tabelle 3). Bei den untersuchten Bachforellenzuchtpopulationen besaßen 37% der untersuchten Populationen den gleichen Phänotyp (Tabelle 3). Bei den untersuchten rezenten Bachforellenwildpopulationen wiesen nur 6% der Populationen den gleichen Phänotyp auf (Tabelle 3). Nur 3% der untersuchten Zuchtpopulationen besaßen den gleichen Phänotyp wie rezente Wildpopulationen (Tabelle 3). Keine der untersuchten Zuchtpopulationen und keine der untersuchten rezenten Wildpopulationen hatte den gleichen Phänotyp wie Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert (Tabelle 3).

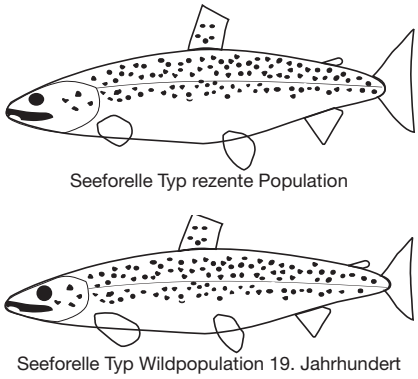

Abb. 3: Seeforellenphänotypen von rezenten Populationen und Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts. Computergrafik auf Datengrundlage von Tabelle 2

Die beiden Seeforellenwildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert hatten den gleichen Phänotyp (Tabelle 3). Die untersuchten rezenten Populationen hatten nicht den gleichen Phänotyp (Tabelle 3). Keine der untersuchten rezenten Seeforellenpopulationen hatte den gleichen Phänotyp wie Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert (Tabelle 3). Wie bereits oben erwähnt, ist die Aussagekraft der Berechnung für Seeforellen aufgrund der geringen Anzahl von untersuchten Populationen begrenzt.

Tab. 3: **Phänotypische Übereinstimmung von Bachforellen- und Seeforellenpopulationen, basierend auf der Berechnung von Variationswerten** (Beschreibung siehe im Text). Die einzelnen Populationen jeder Großgruppe wurden miteinander verglichen. In der 1. Zeile jeder Zelle ist der prozentuelle Wert der gleichen Populationen dargestellt, in der 2. Zeile in Klammer die absoluten Werte (Anzahl gleicher Populationen in Abhängigkeit von der Anzahl möglicher und sinnvoller Vergleichsmöglichkeiten, z. B.: 2 von 15: 2 Populationen gleichen anderen Populationen, wobei 15 Vergleiche durchgeführt wurden).

	Bachforelle, rezent und wild	Bachforelle, Zucht	Bachforelle, 19. Jh.	Seeforelle, 19. Jh.	Seeforelle, rezent
Bachforelle, rezent, wild	6,6% (2 von 15)				
Bachforelle, Zucht	10,2% (5 von 48)	37,0% (10 von 46)			
Bachforelle, 19. Jh.	0,0% (0 von 36)	0,0% (0 von 42)	93,3% (11 von 15)		
Seeforelle, 19. Jh	0,0% (0 von 12)	25,0% (3 von 14)	66,6% (8 von 12)	100,0% (2 von 2)	
Seeforelle, rezent	8,8% (1 von 12)	33,3% (4 von 14)	8,3% (1 von 8)	0,0% (0 von 2)	0,0% (0 von 2)

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt, daß sich rezente österreichische Wild- und Zuchtpopulationen von Bach- und Seeforellen klar voneinander unterscheiden und auch von Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert. Grundsätzlich darf nicht erwartet werden, daß der Phänotyp der Fische auch einen Hinweis auf deren genetische Identität oder Heterogenität gibt. Dies kann, muß aber nicht der Fall sein (Cadrin, 2000). Zum Genotyp der untersuchten Populationen folgt in Kürze eine Veröffentlichung. Grundsätzlich können in natürlichen, unbeeinflußten Systemen unterschiedliche Phänotypen auf folgende Art erklärt werden (Hynes et al., 1996): (1) ökologisch bedingt als Ökophänotypen (diese unterscheiden sich aufgrund der Anpassung an verschiedenen Umweltbedingungen, sind aber genetisch gleich), (2) als invasionsbedingte Phänotypen (durch wiederholte Besiedelung [Invasion] kommt es zur Bildung von Populationen, die sich sowohl phänotypisch als auch genetisch unterscheiden), (3) durch Besiedelung eines Gebietes mit einem Urstamm, der sich in morphologisch und genetisch unterschiedliche Populationen aufspaltet. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, daß der österreichische Raum von pontokaspischen Formen besiedelt war und eine Invasion von Atlantikformen erfolgte (Hynes et al., 1996), wobei unklar ist, ob diese Besiedelung anthropogen bedingt war (Besatz) oder auf natürlichem Wege erfolgte. Bei Bachforellen und Seeforellen ist aufgrund der intensiven Besatzmaßnahmen eine Identifizierung von ursprünglich rezenten Populationen kaum möglich, insbesondere da die Nachbesetzung oft unter kommerziellen Aspekten (Größe, Schnellwüchsigkeit) und ästhetischen Aspekten (attraktive Färbung) erfolgte.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Analyse der Daten in folgender Weise durchgeführt. Zuerst wurden die Populationen zu Großgruppen zusammengefaßt (Zuchtpopulationen, rezente Wildpopulationen, Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts), und es wurde untersucht, ob sich diese unterscheiden. Dieser Analyseweg war sinnvoll, um die generellen Phänotypen zu beschreiben, wobei Zuchtpopulationen, rezente Wildpopulationen und Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts sehr klar unterschieden werden konnten. Wie allgemein bekannt (Cadrin, 2000), werden Unterschiede in der Kopfform, der Körperdicke und Körperhöhe durch den Ernährungsstatus bedingt, wie auch in eigenen Versuchen mit unterschiedlichen Futtermengen bestätigt werden konnte. Auch die Reduktion der Brust- und Bauchflossen und des Augendurchmessers von Zuchtfischen ist seit langem bekannt (Cadrin, 2000). Es kann gefolgert werden, daß Zuchtfische aufgrund ihres Phänotyps in natürlichen Lebensräumen eine verminderte Überlebensfähigkeit haben, dafür aber aufgrund ihrer Körpergröße und Körperdicke als Speisefische prädestiniert sind. Es ist bis jetzt nicht bekannt, ob die bei Zuchtfischen beobachtete Reduktion der Flossen und des Augendurchmessers genetisch bedingt ist oder reversibel wie Hochrückigkeit und Kopfform (Cadrin, 2000). Im ersten Fall würde dies auch die Nachbesetzung mit aus Zuchten stammenden Jungfischen als ungeeignet erscheinen lassen. Ganz klar konnten aufgrund der Flossenform die rezenten Wildpopulationen von Wildpopulationen aus dem 19. Jahrhundert abgegrenzt werden. Die langen, schmalen Flossen der Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts resultieren in einer im Vergleich zu rezenten Wildpopulationen geringeren Flossenfläche. Diese Daten sind unerwartet, da – wenn man von rezenten Wildpopulationen ausgeht – der empirische Leitsatz gilt: »Je ursprünglicher eine Population und je besser an Freiwasserbedingungen adaptiert, desto größer die Flossen.« Es kann angenommen werden, daß längere und schmälere Flossen aufgrund der guten Hebelwirkung im Vergleich zu rezenten Wildpopulationen geringeren Fläche eine effizientere Kraftnutzung ermöglichen. Weiters zeigten die Untersuchungen, daß im 19. Jahrhundert Seeforellen und Bachforellenpopulationen zwar ähnlich waren, aber dennoch einen klar voneinander abgegrenzten Phänotyp aufwiesen, während bei rezenten Populationen (zumindest bei den für die Untersuchungen erhältlichen) eine klare Abgrenzung nicht mehr möglich war.

Anschließend wurden Untersuchungen durchgeführt, um die Gleichheit bzw. Verschiedenheit einzelner Populationen zu beschreiben. Dazu wurden 2 Populationen miteinander verglichen und der Variationswert berechnet – ein Wert, der die Summe der Unterschiede aller Meßparameter beschreibt und damit die Ähnlichkeit des gesamten Phänotyps charakterisiert. Basierend auf diesen Berechnungen, können folgende Schlüsse gezogen werden. Die heutigen Bachforel-

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

lenwildpopulationen sind in ihrem Phänotyp heterogen, das heißt sie weisen untereinander kaum Ähnlichkeiten auf. Dagegen weisen die Bachforellenpopulationen des 19. Jahrhunderts untereinander ein sehr ähnliches Aussehen auf und auch eine Ähnlichkeit zu Seeforellen des 19. Jahrhunderts. Ähnlichkeiten zwischen Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts und rezenten Wildpopulationen oder Zuchtpopulationen bestehen nicht. Daraus kann geschlossen werden, daß der Bachforellenphänotyp des 19. Jahrhunderts in den heutigen Gewässern – soweit untersucht – nicht mehr existiert. Die Ursachen für diese Veränderungen sowie für die Heterogenität der heutigen Wildpopulationen sind mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht zu erklären. Die Ursache könnten anthropogene Einflüsse sein wie Besatzmaßnahmen, starke Isolation durch Gewässerverbauung, unterschiedlicheres Nahrungsangebot oder Selektion durch Befischung. Aber auch die Ausdifferenzierung lokaler Phänotypen wäre möglich. Molekulargenetische Daten und insbesondere weiterführende Untersuchungen über Veränderungen und Differenzierungen von Zucht- und Wildfischen unter verschiedenen ökologischen Bedingungen sind nötig, um diese Fragen zu beantworten.
Die Färbung und Zeichnung von Bachforellen variierte innerhalb jeder Population beträchtlich, da praktisch alle möglichen Farbvariationen vorkommen konnten. Dies macht die Farbparameter als diagnostisches Mittel ungeeignet.

Zusammenfassung

Der Phänotyp (Aussehen) von österreichischen Bachforellen *(Salmo trutta f. fario)* und Seeforellen *(Salmo trutta f. lacustris)* aus rezenten Wildpopulationen, aus Zuchtpopulationen und aus Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts (Museumsfische) wurde morphometrisch untersucht. Zwischen den Populationen wurden signifikante Unterschiede in der Morphometrie festgestellt. Insbesondere weisen Bachforellen und Seeforellen des 19. Jahrhunderts einen speziellen Phänotyp auf, der in heutigen Populationen nicht mehr zu finden ist.

Danksagung

Wir bedanken uns für die großzügige Bereitstellung von Untersuchungsmaterial bei Herrn Dr. Mikschi, Naturhistorisches Museum Wien, sowie bei den in Tabelle 1 angeführten Fischzuchten und Bewirtschaftern von Wildgewässern.

LITERATUR

Cadrin S. X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10: 91–112.

Holčík, J., Banarescu, P., und D. Evans 1989. General introduction to fishes. 18–147 in: J. Holčík (editor). The freshwater Fishes of Europe. Aula-Verlag, Wiesbaden.

Hynes, R. A., Ferguson, A., und M. A. McCann, 1996. Variation in mitochondrial DNA and post-glacial colonization of western Europe by brown trout. Journal of Fish Biology 48: 54–67.

Sanford, C. P. J. (1990). The phylogenetic relationships of salmonid fishes. Bulletin of the British Museum of Natural History Zoology 56: 145–153.

Kontaktadresse des Erstautors:

Univ.-Doz. Dr. Franz Lahnsteiner, Institut für Zoologie, Hellbrunner Straße 34, 5020 Salzburg. Tel. 0662/8044-5630, Fax 0662/8044-5698, E-Mail: Franz.Lahnsteiner@sbg.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichs Fischerei

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 56

Autor(en)/Author(s): Lahnsteiner Franz, Jagsch Albert, Jäger Paul

Artikel/Article: Unterschiede im Phänotyp von Bachforellen und Seeforellen aus rezenten Wildpopulationen, aus Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts und aus Zuchten 298-306