

Mur-Huchen: Erweiterung des genetischen Nachweises von Fremdbesatz und natürlicher Reproduktion

STEVEN WEISS & TAMARA SCHENEKAR

Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Zoologie,
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz; E-Mail: steven.weiss@uni-graz.at

Abstract

The genetic characterization of Huchen from Weiss & Steinbrugger (2010) was re-evaluated together with new samples. There was no deviation from Hardy-Weinberg Equilibrium nor Linkage Disequilibrium in Huchen in and around Graz, supporting the view of a randomly mating population. The minimum number of Huchen in and around Graz is 75, where five (6.6%) individuals could be verified to be stocked. Stocking records as well as photographic documentation further support that natural reproduction is the main source of recruitment; 1) in the last 18 years there has been no Huchen stocked in the city limits; 2) there has been only limited numbers (from 0 to 48) of Huchen stocked into a 40 km-long reach of the Mur between Peggau and Wildon in the last 11 years, and most fish were 3+ years old, although all year classes have been recorded; 3) there were 14 Huchen spawning redds between Peggau and Gössendorf documented in 2011; and 4) spawning Huchen have been filmed in several places including within the city. The presence of stocked fish is not questioned, rather their numerical and biological relevance. The stocking of Huchen in the Graz region has thus been ended, and it is expected that this will have no influence on the population size of this endangered species.

Hintergrund

Der Huchen (*Hucho hucho*) ist auf der Roten Liste der IUCN als gefährdet eingestuft (Freyhof & Kottelat, 2008), in Anhang II & IV der Flora-Fauna-Habitat-(FFH)Richtlinie 92/43/EWG der Europäischen Union gelistet und ist auch in Österreich auf mehreren Roten Listen als gefährdet gelistet (bundes- und landesbezogen, z. B. Wolfram & Mikschi, 2006). Die Mur stellt mit 80% aller Fänge das Habitat der größten Population dieser Art in Österreich dar, wobei der Flussabschnitt in und um Graz etwa 25% der Flusspopulation beherbergt (Schmutz et al., 2010). Der vorliegende Bericht ist eine Ergänzung zur genetischen Analyse des gefährdeten Huchens (*Hucho hucho*) in der Mur, welche in Weiss & Steinbrugger (2010) vorgestellt wurde. In der vorhergegangenen Studie wurde für diese Art ein DNA-Nachweisverfahren auf Basis von Mikrosatelliten entwickelt und auf einen Probensatz von 150 Individuen angewandt. Der Schwerpunkt wurde dabei auf Proben gelegt, welche aus der Mur im Grazer Stadtgebiet und Graz-Umgebung stammen. Die Hauptziele dieser Arbeit waren 1. ein neues Protokoll für die Laboranalyse zu entwickeln und 2. die Zusammensetzung der Huchenpopulation in Bezug auf Besatzmaßnahmen und natürlicher Reproduktion zu evaluieren. Die Kernaussage dieser Studie kann mit dem folgenden Zitat zusammengefasst werden: »Dieses Ergebnis könnte zwar auch die historische Verwendung von Zuchtfischen aus mehr als einer österreichischen Quelle belegen, allerdings scheint im derzeitigen Zustand natürliche Reproduktion der Hauptgrund für die Aufrechterhaltung des Bestandes zu sein« (Weiss & Steinbrugger, 2010).

Trotz dieses Fazits wurde vom ESTAG-beauftragten Gutachter, welcher an der Beurteilung der ökologischen Auswirkungen des sogenannten Murkraftwerks (MKWs) in der Stadt Graz beteiligt ist, mehrmals in öffentlichen Medien die Aussage getätigt, dass alle Huchen in der Mur im Grazer Stadtgebiet rein von Besatzmaßnahmen stammen würden¹; in der offiziellen Umweltverträglichkeitserklärung (UVE, Sampl, 2010) berichtet er »... dass der Bestand des Huchens im gegenständlichen Murabschnitt ausschließlich auf Besatz nach der Verbesserung der Gewässergüte zwischen 1975 und 2000 zurück geht« und »Die bei elektrischen Abfischungen festgestellten unterschiedlichen Größenklassen lassen sich mit dem sogenannten Pyramiden-Besatz erklären« (Sampl, 2010; Seite 60) und »... Gleiches gilt für den Huchen, dessen Bestand aber ohnedies vorwiegend von den Besatzmaßnahmen abhängt« (Sampl, 2010; Seite 68).

Die gegenwärtige Studie zielt ab auf:

1. Die Erweiterung der vorhergehenden populationsgenetischen Charakterisierung des Huchens auf einem größeren Abschnitt der Mur.
2. Eine Beurteilung der natürlichen Reproduktion und des Fremdbesatzes des Mur-Huchens, u. a. im Grazer Stadtgebiet.

Methodik

Insgesamt wurden 80 neue Huchenproben analysiert. Diese umfassen²:

- 40 Junghuchen aus der Oberen Mur zwischen Murau und St. Michael (Dipl.-Ing. Günther Unfer)
- vier Proben aus dem Grazer Stadtgebiet und Umgebung (Gert Richter, AFV)
- sieben Proben aus dem Fernitzer Mühlkanal (Dipl.-Ing. G. Parthl)
- drei Proben aus der Kainach (Gert Richter, AFV)
- zwei Proben aus dem Oisnitzbach (Gert Richter, AFV)
- eine Probe aus der Lassnitz (Gert Richter, AFV)
- 15 Huchen aus der Sulm (Gert Richter, AFV oder vom Fischereiverband Leibnitz, FVL)
- zwei Proben aus der Grenzmur bei Radkersburg (FVL)
- sechs Proben aus der Pielach (Mag. Clemens Ratschan; diese wurden jedoch nicht für diesen Bericht verwendet)

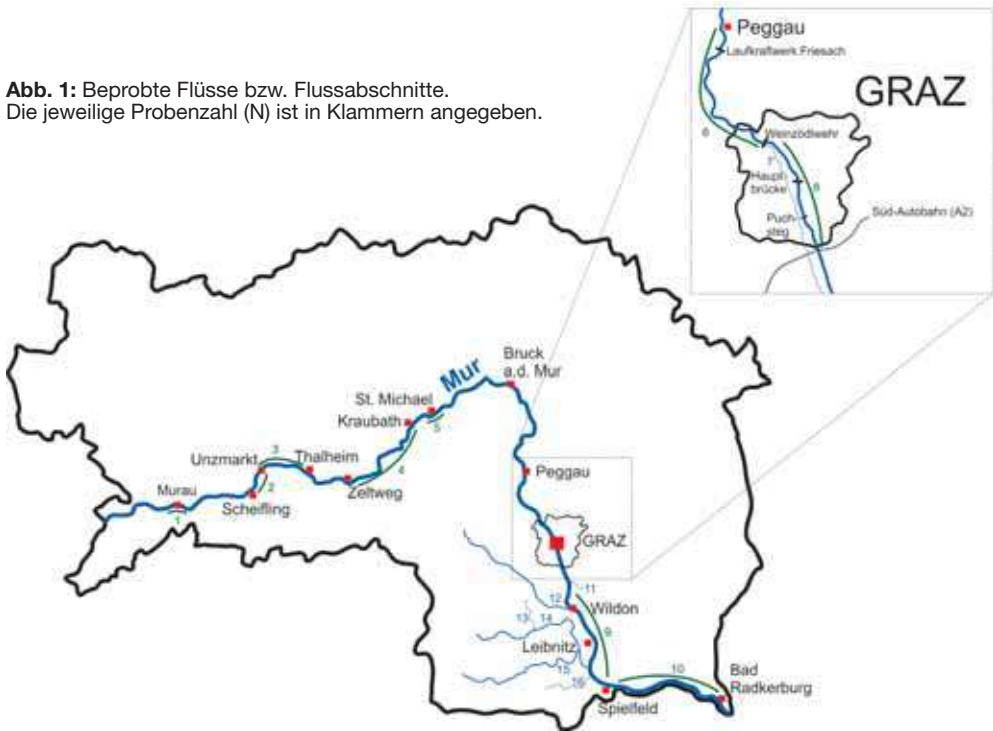
Diese neu genotypisierten Proben (N = 74) wurden zusammen mit 105, bereits in Weiss & Steinbrugger (2010) typisierten Proben analysiert, wodurch sich für diesen Bericht eine Gesamtprobenzahl von 179 ergibt. Sämtliche analysierte Proben, als auch die relevanten Flussabschnitte, welche auch in Weiss & Steinbrugger (2010) untersucht wurden, sind in Tabelle 1 aufgelistet. Obere Mur ist dabei definiert als Murstrecke zwischen Murau und St. Michael, Graz-Umgebung-Nord als der Flussabschnitt zwischen Peggau und Weinzödl, Graz-Stadtgebiet als der Flussabschnitt zwischen Weinzödlwehr und der A2-Autobahnbrücke, inklusive der Proben aus dem Grazer Mühlgang und Graz-Süd, also die Mur und deren Zubringer südlich der A2-Autobahnbrücke bis Bad Radkersburg. Abb. 1 zeigt die geografische Verteilung der Proben, welche für diesen Bericht analysiert wurden.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 179 Huchen-Gewebeproben analysiert (Tabelle 1). Alle neu analysierten Proben (N = 74) wurden erst mit den bereits vorhandenen Daten verglichen, um mögliche Wiederfänge festzustellen. Allerdings wurden keine solchen gefunden.

Die vier neuen Proben aus dem Grazer Stadtgebiet und Umgebung-Nord wurden auf mögliche Nachkommenschaft von Mutterfischen aus der Zucht Fusselberg untersucht. Diese Zucht war die einzige Quelle für Huchen-Besatzfische für den AFV Graz in den letzten 11 Jahren (persönliche Mitteilung, Gert Richter) und umfasst derzeit eine sehr begrenzte Anzahl an Mutterfischen (N = 19), welche alle 2009 genotypisiert wurden (siehe Weiss & Steinbrugger, 2010). In diesem Elternschafts-Nachweisverfahren werden mögliche Eltern-Nachwuchs-Triaden ermittelt. Dabei können durch ein Ausschlussprinzip nicht passende Eltern-Nachkommen-Triaden (Mutter-Vater-Nachkommen) mit nahezu 100%-iger Sicherheit ausgeschlossen werden.

Abb. 1: Beprobte Flüsse bzw. Flussabschnitte.
Die jeweilige Probenzahl (N) ist in Klammern angegeben.



- 1 = Mur bei Murau (N = 3); 2 = Mur von Scheifling bis nach Unzmarkt (N = 5); 3 = Mur von Unzmarkt bis nach Thalheim (N = 12); 4 = Mur von Zeltweg bis nach Kraubath (N = 20); 5 = Mur bei St. Michael (N = 6); 6 = Mur Graz-Umgebung-Nord (N = 40); 7 = Mühlgang im Grazer Stadtgebiet (N = 19); 8 = Mur im Grazer Stadtgebiet (N = 16); 9 = Mur südlich von Graz bis Spielfeld (N = 7); 10 = Grenzmur von Spielfeld nach Bad Radkersburg (N = 3); 11 = Fernitzer Mühlgang (N = 7); 12 = Kainach (N = 3); 13 = Oisnitzbach (N = 2); 14 = Lassnitz (N = 19); 15 = Sulm (N = 16); 16 = Gamlitzbach (N = 1)

Potenziell passende Eltern-Nachkommen-Triaden müssen im Gegenzug nicht zwingend tatsächliche Verwandtschaftsverhältnisse widerspiegeln, da es unter einem bestimmten Niveau an genetischer Auflösung, wie es in dieser Analyse der Fall war, sehr schwierig ist, beispielsweise Mutter-Sohn-Beziehungen von Cousin-Cousinen-Beziehungen zu unterscheiden. Mit diesem Verfahren wurde unter den vier neuen Proben aus dem Grazer Stadtgebiet ein Fisch als möglicher Nachkomme der Zuchtfische aus Fusselberg identifiziert. Dieser Fisch wurde im November 2010 mit einer Größe von 78 cm im Grazer Stadtgebiet gefangen. Da im Jahr 2010 im gesamten 40 km langen Murabschnitt (von Wildon bis Peggau)³ kein Huchen besetzt wurde (Tabelle 2) und alle 11 Huchen, welche im Jahr 2009 ausgesetzt wurden, genetisch typisiert wurden, keiner jedoch mit diesem Genotyp übereinstimmte, gehen wir davon aus, dass dieser Fisch ein Besatzfisch aus den Jahren 2007 oder 2008 ist. Für die weiteren drei neuen Fische, welche in Graz oder Graz-Umgebung-Nord gefangen wurden, wurde keine Übereinstimmung mit einem anderen Fisch in unserer Datenbank gefunden (N = 226). Für alle vier Fische wissen wir daher, dass sie zwar nicht zu den 71 Individuen gehören, welche zwischen Oktober 2008 und April 2010 in diesem Flussabschnitt gefangen und genotypisiert worden waren, dort jedoch bereits lebten. Das bedeutet, dass man die minimale Populationsgröße des Huchens in der Region Graz (Peggau bis A2-Brücke) von 71 auf 75 Individuen erhöhen kann, wovon bei insgesamt fünf (vier von Weiss & Steinbrugger, 2010, und eines in dieser Studie) eine Herkunft durch Besatz bestätigt werden konnte.

Tab. 1: **Geografische Herkunft aller Huchenproben**, die in diesem Bericht verwendet wurden. Wenn möglich, werden die Fische als ausgewachsen (>60 cm) oder Jungfische (<60 cm) bezeichnet (n. b.: Alter ist nicht bekannt). Jedoch besteht der Großteil der Jungfische aus »Larven« (<70 mm) oder 2+ oder jüngeren Jahrgängen (siehe Anhang 2). Der Grazer Mühlgang wurde zum »Graz-Stadtgebiet« (Mur) gezählt.

Probestelle/ Fluss		Anzahl der Individuen			
		adulte	juvenile	n. b.	Summe
Mur	Obere Mur	4	42 (Larven)	–	46
	Graz-Stadtgebiet	10	19	6	35
	Graz-Umgebung-Nord	27	12	1	40
	Graz + GU-Nord zusammen	37	31	7	75
	Südlich von Graz bis Spielfeld	7	–	0	7
	Spielfeld bis Bad Radkersburg	–	2	1	3
	Summe Mur	48	75	8	131
Fernitzer Mühlgang	–	6	1	7	
Gamlitzbach	–	–	1	1	
Kainach	–	1	2	3	
Lassnitz	–	19	–	19	
Oisnitzbach	–	2	–	2	
Sulm	2	14	–	16	
Summe total	50	117	12	179	

Wie auch in Weiss & Steinbrugger (2010) wurde die Population des Grazer Stadtgebiets und Graz-Umgebung-Nord (N = 75) auf das Hardy-Weinberg-Gleichgewicht (Hardy-Weinberg Equilibrium, HWE) getestet. Auch diesmal zeigte sich durch die nicht signifikanten Gesamtfis-Werte (Tabelle 3, letzte Spalte; siehe Weiss & Steinbrugger, 2011, für eine detailliertere Begriffserklärung) keine signifikante Abweichung vom HWE, was auf Zufallspaarung in der Mur hinweist. In den locus-spezifischen Analysen hierzu zeigt ein Locus (ONE2) signifikante Abweichungen vom HWE. Zusätzliche Analysen mit dem Programm Microchecker (Van Oosterhout et al., 2004) deuten darauf hin, dass dieser Locus so genannte »Null-Allele« besitzt und deswegen nicht für die Berechnung des HWE herangezogen werden sollte. Dieser Rückschluss wird weiters durch die Tatsache unterstützt, dass dieser Locus ein hohes Defizit an Heterozygoten (H_0) in allen Analysen, einschließlich der Oberen Mur und Graz-Süd, aufweist und kein weiterer Locus solch ein Defizit besitzt.

Werden jedoch die Flussabschnitte Graz-Stadtgebiet und Graz-Umgebung-Nord zusammen analysiert, zeigt sich (bei Verwendung aller neun Loci) eine sehr knappe signifikante statistische Abweichung vom HWE (Tabelle 3). Unter Ausschluss von ONE2, welcher für diese Analyse nicht geeignet ist, sind die Proben jedoch im HWE.

Das Bestehen des HWEs in der Huchenpopulation weist deutlich darauf hin, dass natürliche Reproduktion der Hauptmechanismus für den Zuwachs in dieser Population ist. Hierbei möchten wir aber erwähnen, dass diese Analyse nur begrenzt geeignet ist, um die längere Geschichte einer Population zu beurteilen, da sich das HWE (zumindest theoretisch) bereits nach einer Generation der Zufallspaarung (in den Nachkommen) einstellen kann.

Ein anderer Zugang bietet einen besseren Ansatz zur Messung der Vermischung zweier genetisch unterschiedlicher Quellen (wie beispielsweise Wild- und Zuchtfische oder Fische aus zwei verschiedenen Flusssystemen) über längere Zeit. Durch das sogenannte Kopplungs-Ungleichgewicht (Linkage Disequilibrium; LD) ist im Gegensatz zum HWE die genetische Vermischung zweier unterschiedlicher Quellen über mehrere Generationen erkennbar. Das Kopplungs-Ungleichgewicht ist das (statistisch signifikant häufigere) gemeinsame Auftreten von Allelen mehrerer Loci, welches nicht durch Zufall, sondern durch physikalische Nähe der

Tab. 2: **Auflistung der Huchen-Besatzmaßnahmen**, welche vom Arbeiterfischerverein Graz in der Mur in den Jahren 1993–2011 durchgeführt wurden. Mur-Nord umfasst die Murstrecke von Peggau bis Weinzödl und Mur-Süd bedeutet Gemeinde Großsulz bis Wildon. Im Grazer Stadtgebiet wurden seit 1993 keine Huchen-Besatzmaßnahmen durchgeführt. Im gesamten Gebiet wurden 0+ Fische zuletzt 1997 ausgesetzt. Daten wurden bereit gestellt von Gert Richter, AFV.

Jahr	Anzahl	Altersklasse	Größe (angenähert)	Revier
1993	120	1-sömmrig	18 cm	Mur-Nord
1994	200	2-sömmrig	27 cm	Mur-Nord
	2000	0+	6 cm	Mur-Nord, Mur-Süd
1995	100	2-sömmrig	27 cm	Mur-Nord
	300	1-sömmrig	18 cm	Mur-Nord
1996	100	2-sömmrig+	36 cm	Mur-Nord
	350	1-sömmrig	18 cm	Mur-Nord
1997	200	2-sömmrig	27 cm	Mur-Nord
	108	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
	200	2-sömmrig	27 cm	Mur-Nord
	2300	0+	7 cm	Mur-Nord, Mur-Süd
1998	350	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord, Mur-Süd
1999	100	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2000	0			
2001	0			
2002	0			
2003	43	2-sömmrig	28 cm	Mur-Nord
2004	42	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2005	10	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2006	35	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2007	48	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2008	25	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2009	11	3-sömmrig	42 cm	Mur-Nord
2010	0			
2011	0			

Loci oder Selektion zustande kommt. Falls sich in einem Probenet zwei (oder mehrere) vermischte Populationen oder Material aus mehreren genetischen Quellen (z. B. Flusssystemen) befinden, wird das Probenet ein signifikantes LD besitzen. Die Zahl der Generationen, die benötigt werden, bis sich das Kopplungs-Gleichgewicht wieder einstellt, hängt vom Ausmaß der genetischen Unterschiedlichkeit der beiden Quellen und von weiteren komplexen molekularen Mechanismen ab.

Wir haben das LD für acht Loci (d. h. ohne ONE2) und getrennt für jeden Flussabschnitt berechnet. Im Grazer Stadtgebiet und in Graz-Umgebung-Nord weichen nur ein bzw. zwei Locus-Paare (von 28 Locus-Paaren) ab. Das bedeutet, es gibt kein signifikantes Signal des LDs in diesen Datensets. Weiters deutet dies darauf hin, dass das bestehende HWE nicht ein Phänomen der jüngsten Vergangenheit ist, sondern einen Zustand von Zufallspaarungen über viele Generationen darstellt.

Obere Mur und Graz-Süd

Der Großteil (N = 42) der neuen Huchen-Proben aus der Oberen Mur waren diesjährige Larven (geschlüpft im Jahr 2010) mit weniger als 70 mm Gesamtlänge. Deswegen war es nicht notwendig, auf mögliche Wiederfänge zu testen, und auch alle 46 Proben stellten individuelle Fische dar. Durch den nicht signifikanten Gesamt-FIS-Wert der Oberen Mur, als auch den nicht

Tab. 3: **Zusammenfassung der genetischen Statistik** für die Murstrecken Obere Mur, Graz-Umgebung-Nord, Graz-Stadtgebiet, Graz-Stadtgebiet und Graz-Umgebung-Nord zusammen und Graz-Süd. Tabelle beinhaltet bereits analysierte Proben von Weiss & Steinbrugger (2010) als auch neue Proben. Angegeben wird die Flussstrecke (Strecke), die Anzahl der untersuchten Individuen (N), Anzahl der Allele (A), allelische Vielfalt (A_r = Allel-Wert nach Stichprobengröße korrigiert), beobachtete und erwartete Heterozygotie (H_o und H_e); und F_{IS} , auf dessen Basis das HWE evaluiert wird. Werte mit * sind signifikant mit $p < 0,05$.

Strecke	N	Locus									Gesamt
		GATA 501	GACA 448	GACA 142	GACA 559	HLJZ 023	OMM 1064	GATA 31	TAR 101	ONE2	
Obere Mur											
46	A	2	14	3	7	6	13	9	6	7	67
	A_r	2,000	13,739	3,000	6,931	5,931	12,862	9,000	6,000	7	6,954
	H_o	0,26087	0,8913	0,63043	0,86957	0,5	0,82609	0,74419	0,7209	0,5333	0,6641
	H_e	0,22934	0,8655	0,52819	0,7881	0,62231	0,83086	0,81094	0,7187	0,7561	0,6833
	F_{IS}	-0,139	-0,03	-0,196	-0,105	0,198	0,006	0,083	-0,003	0,297*	0,029
Graz-Umgebung-Nord											
40	A	2	11	2	6	5	13	10	5	6	60
	A_r	2,000	10,848	2,000	5,948	4,998	12,792	9,946	5,000	5,950	6,609
	H_o	0,250	0,975	0,425	0,575	0,575	0,850	0,875	0,605	0,475	0,623
	H_e	0,222	0,817	0,481	0,684	0,529	0,781	0,847	0,734	0,770	0,652
	F_{IS}	-0,13	-0,196	0,117	0,161	-0,087	-0,089	-0,034	0,178	0,386*	0,045
Graz-Stadtgebiet											
35	A	2	10	3	5	5	11	6	4	6	52
	A_r	2,000	9,901	2,914	5,000	4,994	10,730	5,994	4,000	6,000	5,726
	H_o	0,314	0,886	0,543	0,686	0,514	0,800	0,714	0,758	0,469	0,632
	H_e	0,269	0,835	0,519	0,775	0,525	0,815	0,733	0,733	0,733	0,660
	F_{IS}	-0,172	-0,061	-0,047	0,116	0,02	0,019	0,026	-0,034	0,364*	0,043
Graz-Süd & Graz-Umgebung-Nord zusammen											
75	A	2	12	3	6	5	15	10	5	7	65
	A_r	2,000	11,944	2,947	5,997	5,000	14,837	9,942	5,000	6,972	7,182
	H_o	0,280	0,933	0,480	0,627	0,547	0,827	0,800	0,676	0,472	0,627
	H_e	0,242	0,848	0,498	0,746	0,527	0,800	0,802	0,747	0,774	0,665
	F_{IS}	-0,156	-0,101	0,037	0,161	-0,039	-0,034	0,003	0,095	0,392*	0,058*
Graz-Süd											
58	A	2	12	3	7	5	11	10	5	6	61
	A_r	2,000	11,995	3,000	7,000	4,966	10,930	10,000	5,000	5,982	6,764
	H_o	0,121	0,741	0,483	0,655	0,448	0,793	0,625	0,684	0,579	0,570
	H_e	0,341	0,845	0,514	0,785	0,482	0,831	0,760	0,771	0,804	0,682
	F_{IS}	0,648*	0,123	0,061	0,167	0,071	0,047	0,179	0,113	0,281*	0,165*

signifikanten Werten für die individuellen Loci (außer ONE2) spiegeln die Proben aus der Obere Mur eine Population im HWE wieder. Daher können alle 46 Proben aus dem Murabschnitt zwischen Murau und St. Michael, einer Strecke von etwa 85 km Länge, als Zugehörige einer einzigen Population gesehen werden, zumindest in der Vergangenheit. Da sich in dieser Strecke einige Flussbarrieren befinden (z. B. Judenburg), ebenso KWs mit potenziell funktionierenden Fischaufstiegshilfen (z. B. Unzmarkt, Fischening), kann man heutzutage nicht mehr annehmen, dass sämtliche Fische in diesem Gebiet eine Population darstellen. Um den Genfluss entlang dieses Flussabschnitts zu evaluieren, würde man größere Stichprobengrößen in den einzelnen kleinen Flussabschnitten benötigen, welche theoretisch durch die Wasser-KWs voneinander getrennt sind. Bezüglich unserer genetischen Auswertung scheint die potenzielle

genetische Fragmentierung in den letzten 100 Jahren durch Wasser-KW-Aktivitäten entweder nicht existent oder relativ gering zu sein und unter einem Level der Detektierung unseres 8–9 Mikrosatelliten-Locus-Protokolls. Die Situation wird noch dadurch verkompliziert, dass der Genfluss flussabwärts durch ein Wasser-KW nicht unbedingt signifikant gestoppt wird und daher der Prozess der Fragmentierung verlangsamt wird.

Die gesamte genetische Diversität der Proben der Oberen Mur ist in demselben Größenbereich wie jener in der Region Graz (sowohl Graz-Stadt und Graz-Umgebung-Nord getrennt analysiert, als auch beide zusammen). Dies wird durch die Gesamtzahl der gefundenen Allele widergespiegelt ($N = 67$), welche etwas über den 65 gefundenen Allelen in Graz-Stadt und Graz-Umgebung-Nord zusammen liegt. Jedoch war die sogenannte Allel-Vielfalt (Allelic Richness; A_r = Allelwert nach Stichprobengröße korrigiert) in der Oberen Mur ($A_r = 6,95$) etwas niedriger als für Graz-Stadt und Graz-Umgebung-Nord zusammen ($A_r = 7,18$; Tabelle 3). Diese kleinen Unterschiede beinhalten jedoch keine statistische Signifikanz, und man kann daher auf Basis der verfügbaren Stichprobengröße den Schluss ziehen, dass die genetische Diversität der Oberen Mur und der Graz-Stadt- und Graz-Umgebung-Nord-Region beinahe ident ist.

Diese allgemeinen Richtwerte der genetischen Diversität (H_E & A_r) geben keinen Aufschluss über potenzielle genetische Differenzierungen zwischen der Oberen Mur und Graz-Stadt bzw. Graz-Umgebung. Um diese Differenzierungen, welche durch Isolation, Genfluss und andere Mechanismen entstehen, zu evaluieren, sollten Standardmesswerte wie F_{ST} und R_{ST} herangezogen werden. Paarweise Vergleiche zwischen den Hauptflussabschnitten der Mur zeigen dabei statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Abschnitten (Tabelle 4). Diese Statistiken müssen jedoch nicht notwendigerweise biologisch relevante genetische Distanzen widerspiegeln. Die Werte selbst, vor allem jene des oft verwendeten F_{ST} -Messwerts sind relativ niedrig. Die Werte für R_{ST} gleichen in zwei Fällen jenen von F_{ST} , was auf ein sehr deutliches und robustes Signal aus den Daten hinweist, aber beim Vergleich Region Graz zu Graz-Süd ist R_{ST} viermal höher als F_{ST} . Dies ist auf unterschiedliche Allelgrößen in den zwei Regionen zurückzuführen, ein Faktor, den der F_{ST} -Wert nicht berücksichtigt (siehe Tabelle 4). Die Proben aus den verschiedenen Zubringern in der Region Graz-Süd sind, im Gegensatz zu den Proben aus der Region Graz und der Oberen Mur, nicht im HWE. Weiters ist auch aus einer anderen Analyse (nicht im Bericht enthalten) deutlich, dass einige Individuen aus der Region Graz-Süd weiter entfernt miteinander verwandt sind als irgendwelche anderen Proben aus der Mur. Die Proben aus der Region Graz-Süd stammen von unterschiedlichen Flüssen und werden von einem anderen Verein (Fischereiverband Leibnitz; FVL) bewirtschaftet, von welchem wir keine Informationen über deren Fischbesatzmaßnahmen besitzen. Wir nehmen aufgrund unserer Daten an, dass zumindest einige Proben aus anderen Quellen als die Mur-Proben stammen, daher also auch Besatzfische oder Populationen, welche kürzlich durch Besatz gegründet wurden, enthalten können.

Ein weiterer Ansatz, um die gesamten genetischen Unterschiede von Individuen verschiedener Populationen, Flüssen oder Regionen zu vergleichen, sind Multivariate Analysen. Mit der sogenannten faktoriellen Korrespondenzanalyse (Factorial Correspondence Analysis; FCA)

Tab. 4: Werte der paarweisen genetischen Unterschiede zwischen den Hauptabschnitten der Mur, basierend auf acht Mikrosatellitenloci. Die statistische Signifikanz wurde mit 1000 Permutationen evaluiert. Der Standardwert F_{ST} basiert rein auf Allelfrequenzunterschieden zwischen den Populationen, wohingegen R_{ST} auch Allelgrößenunterschiede miteinbezieht und daher realistischere Schätzungen der Distanzen zwischen Populationen, welche eine größere evolutionäre Distanz besitzen, bietet.

Populationsvergleich	F_{ST}	p-Wert	R_{ST}	p-Wert
Graz-Stadt vs. Graz-Nord	0,0228	<0,0001	0,0304	<0,0001
Graz & Graz-Nord vs. Obere Mur	0,0077	0,0078	0,0172	0,01725
Graz & Graz-Nord vs. Graz-Süd	0,0237	<0,0001	0,0822	<0,0001

können genetische Distanzen zwischen individuellen Genotypen berechnet und grafisch dargestellt werden. Das bedeutet, dass es in Wahrheit unmöglich ist, einen Fisch auszuwählen und zu versuchen, ihn entweder der Oberen Mur oder der Region Graz zuzuordnen. Die Grafik zeigt weiters relativ große genetische Distanzen zwischen einigen Individuen. Basierend darauf schlossen Weiss & Steinbrugger (2010), dass die genetischen Ergebnisse der Huchenproben aus der Mur auf mehrere Ursprungspopulationen hindeuten könnten. Jedoch besitzen wir keine Referenzdaten über die genetische Diversität von Huchen in einem unberührten Flusssystem in Österreich. Die Geschichte des Huchens beinhaltet den Besatz über viele Jahre, hauptsächlich mit Mutterfischen aus der Mur selbst, aber auch aus anderen Quellen, wie der Pielach in Niederösterreich oder nahegelegener Abschnitte der Donau in Oberösterreich. Tatsächlich erhielten die Pielach und die Donau ebenfalls Besatzmaterial aus den gleichen Zuchtprogrammen wie die Mur-Fische, was es wahrscheinlich unmöglich macht, die natürliche genetische Variation in diesen Flüssen zu bestimmen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass das Gesamtmaß an genetischer Diversität in Flüssen wie der Mur durch jahrzehntelange Besatzmaßnahmen erhöht wurde, jedoch wurden die Populationen durch Flussverbauungsmaßnahmen, Wasserverschmutzung und Überfischung stark dezimiert, was zweifellos die genetische Vielfalt dieser Populationen reduziert hat. Ein Ergebnis davon ist, dass quantitative Schätzungen über die genetischen Änderungen, die seit den anthropogenen Einflüssen stattgefunden haben, rein auf Spekulationen beruhen können. Deutlich ist (was auch in Weiss & Steinbrugger 2010 betont wurde), dass Arten wie der Huchen in einem größeren räumlichen Kontext nur eine begrenzte genetische Diversität besitzen, verglichen mit der Bachforelle oder Äsche (Weiss et al., 2009). Daher kann man sämtliche Huchen als »autochthon« (siehe Weiss & Steinbrugger, 2010) bezeichnen, und es gibt keine gesetzliche oder biologische Basis, um den Schutzstatus dieser Fische in einem bestimmten Flusssystem herunterzusetzen, nur weil z. B. Fische aus einem nahegelegenen Fluss (z. B. von der Pielach in die Mur) für Besatzmaßnahmen verwendet wurden. Die Grundlage für einen Schutzstatus in der IUCN und der Europäischen Fauna-Flora-Habitat-(FFH) Richtlinie ist, dass die Population sich innerhalb ihres historischen Verbreitungsgebiets befindet und selbsterhaltend ist. Die Hauptegebnisse dieses Berichts und die Evaluierung der begleitenden Beobachtungen bestätigen diese Grundvoraussetzung für den Mur-Huchen.

Belege über ablaichende Huchen

Weitere Belege über den Status der Huchenpopulation in der Mur liefern Dokumentationen über ablaichende Huchen. Unserem Wissen nach gibt es bis jetzt keine Studie, die versucht hat, potenzielle Laichplätze des Huchens in den mittleren Murabschnitten (inkl. Grazer Stadtgebiet) zu dokumentieren. Das Frühjahr 2011 bot jedoch mit unterdurchschnittlich geringem



Abb. 2: Interview mit dem Kamerateam im Auftrag von ServusTV in der Mur nahe der Mündung des Grazbachs am 2.4.2011, etwa 10 m von der Uferlinie in 20–50 cm tiefem Wasser

Niederschlag und daher niedrigen Abflussmengen sehr gute Bedingungen, um das Abbläichen zu beobachten. Am 3. 4. 2011 begleitete der Erstautor ein Kamerateam im Auftrag von *Servus TV* an die Mur bei der Mündung des Grazbachs. Grund hierfür waren einige geplante Interviews mit mehreren Personen für eine geplante Fernsehshow, in welcher die unterschiedlichen Standpunkte bezüglich des Status der Mur als auch der Vor- und Nachteile eines zusätzlichen KWs diskutiert werden sollten (Abb. 2). Der Grazbach wurde ausgewählt, da dort eine Woche zuvor einige Äschen beim Laichen beobachtet wurden (auch vom Erstautor). Nach dem Interview gingen wir etwa 75 m flussabwärts, um eine Äsche beim Fressen von schlüpfenden Eintagsfliegen zu filmen. Nach etwa fünf Filmminuten schwamm ein Pärchen von zwei je ca. ein Meter langen Huchen mehr oder weniger in das Blickfeld der Kamera und begann ein Balzritual und mit dem Schlagen einer Laichgrube (Abb. 3 und 4).



Abb. 3: Fernsehkamera und abbläichende Huchen (roter Kreis) in der Mur, etwa sechs Meter von der Uferlinie entfernt, ca. 75 m flussabwärts der Grazbach-Mündung (2. 4. 2011)



Abb. 4: Das gleiche Huchen-Pärchen. Das vermutliche Weibchen (roter Pfeil) ist im Zuge des Schlagens der Laichgrube seitlich gedreht (2. 4. 2011)



Abb. 5a: Linker Uferbereich der Mur auf Höhe des Augartens, flussabwärts der Grazbach-Mündung



Abb. 5b: Linker Uferbereich der Mur auf Höhe des Augartens, einige 100 m flussaufwärts der Karlsruhgürtel-Brücke

Das Pärchen wurde einige Minuten lang gefilmt, und später wurden auch Unterwasser-Fotos von ihm aufgenommen. Obwohl diese Stelle zuvor noch nicht als Huchenlaichplatz bekannt war, erscheint sie retrospektiv betrachtet dafür ideal, wahrscheinlich entstanden durch eine Kombination von Sedimenteinträgen aus dem Grazbach und mehrere Bühnen, welche ober- und unterhalb des Grazbachs gebaut wurden. Äschen wurden hier in großer Zahl beim Abbläichen in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren beobachtet (Video ist von Weiss erhältlich). Die watbare Laichstelle ist etwa 20 m breit und ca. 200 m lang und besitzt eine große Band-

breite an Substratgrößen, welche für beides, Laichplätze für Huchen und Äschen, als auch als Strömungsschutz für juvenile und nahrungsaufnehmende Fische, ideal ist. Der flussabwärts angrenzende Flachuferbereich reicht von der Mündung des Grazbachs bis etwas flussabwärts der Karlauergürtel-Brücke, und die Struktur der Uferböschung und des ufernahen Flussbetts ist bei niedrigem Wasserstand (25. 8. 2011) gut sichtbar (Abb. 5a und 5b)



Abb. 6: Huchenlaichplatz, fotografiert von der Hauptbrücke im Grazer Stadtgebiet am 13. 5. 2011, welche von Weiss am 12. 5. 2011 im Rahmen der Lehrveranstaltung »Allgemeine Ökologie« den Studenten vorgeführt wurde. Einige Tage zuvor wurden hier Huchen beim Ablachen beobachtet



Abb. 7: Ablachende Huchen werden an der Baustelle des KWs Gössendorf gefilmt (17. 4. 2011)

Aufgrund hervorragender Sichtbedingungen konnten im April und Mai 2011 zusätzlich noch mehrere Huchen-Laichplätze beobachtet werden. Einige Beispiele sind hier dargestellt. Einer befand sich beispielsweise bei der Hauptbrücke von Graz (Abb. 7).

Insgesamt wurden 14 Laichplätze von Franz Keppel im Frühjahr 2011 dokumentiert. Vier befanden sich innerhalb des Stadtgebietes von Graz, drei in Gratkorn, drei in Stübing, zwei in Peggau, einer in Friesach und einer in Gössendorf. Von 2011 gibt es für Gössendorf, Grazbach und Übelbach Filmaufnahmen von laichenden Huchen. Diese Informationen wurden jedoch nicht im Rahmen einer systematischen Untersuchung erhoben und besitzen deswegen nur eine begrenzte quantitative Aussagekraft. Die Durchführung einer umfassenden systematischen Studie unter Beachtung der optimalen Parameter für Huchenlaichplätze (siehe Holzer, 2011) ist zwingend erforderlich, um objektive Schlussfolgerungen bezüglich der Häufigkeit und Verteilung von Huchenlaichplätzen in der Region Graz (Graz-Stadtgebiet und Graz-Umgebung) ziehen zu können.

Zusammenfassung

Die genetische Charakterisierung der Huchenpopulation in der Region Graz von Weiss & Steinbrugger (2010) wurde mit vier neuen Huchenproben neu ausgewertet und mit der Analyse von 46 Proben aus der Oberen Mur (von Murau bis St. Michael), als auch 24 neuen Proben aus der Mur südlich von Graz und mehrerer Zubringer erweitert. Wie bereits 2010 zeigt die Huchenpopulation im Stadtgebiet Graz als auch in Graz-Umgebung-Nord (Peggau bis Weinzödlwehr) keine Anzeichen einer Abweichung vom Hardy-Weinberg-Gleichgewicht und stellt daher eine Population mit Zufallsverpaarungen dar. Die Auswertung des Kopplungs-Ungleichgewichtes der einzelnen Flussabschnitte (Graz-Stadtgebiet, Graz-Umgebung-Nord und Obere Mur) deuten auch auf Zufallspaarungen über mehrere Generationen hin. Zusammen mit den Ergebnissen der vorhergegangenen Studie wurden insgesamt 75 individuelle Huchengenotypen in Graz und Graz-Umgebung-Nord identifiziert, und bei fünf dieser 75 Fische (6,6%) konnte eine Herkunft durch Besatz bestätigt werden. Diese Ergebnisse decken sich mit den Merkmalen einer Population, die durch natürliche Fortpflanzung und nicht durch Besatz erhalten wird. Zusammen mit den Aufzeichnungen der Besatzmaßnahmen und fotografischer Dokumentation über ablaichende Fische legt dies ohne Zweifel dar, dass natürliche Reproduktion der Hauptgrund für das Vorkommen dieses bedrohten Fisches in der Stadt Graz, deren Umgebung und der Oberen Mur ist. Die Schlussfolgerung (betreffend Graz-Stadtgebiet und Graz-Umgebung-Nord) basiert zusätzlich zu den genetischen Belegen auf den folgenden Beobachtungen: 1. In den letzten 18 Jahren wurde im Grazer Stadtgebiet kein Huchen besetzt. 2. Es wurde nur eine sehr geringe Anzahl an Huchen (von keinem bis 48 Individuen) im gesamten 40 km langen Flussabschnitt der Mur zwischen Peggau und Wildon in den letzten 11 Jahren besetzt, und außer im Jahr 2003 (2+ Jahre, ca. 28 cm groß) waren alle diese Besatzfische 3+ Jahre alt (ca. 42 cm groß), jedoch wurden Fische aller Altersklassen (1+, 2+ usw.) bei Kontrollbefischungen bzw. im Rahmen von Beprobungen von Weiss & Steinbrugger (2010) gefangen. 3. Es wurden 14 Huchen-Laichplätze zwischen Peggau und Gössendorf (ca. 35 km) in 2011 dokumentiert; und 4. ablaichende Huchen wurden an mehreren Stellen gefilmt, u.a. im Grazer Stadtgebiet auf Höhe Augarten.

Das Vorkommen von Besatzfischen wird nicht angezweifelt, wohl aber dessen zahlenmäßige und biologische Relevanz. Der Arbeiterfischereiverband hat deswegen beschlossen, den Besatz von Huchen in seinem Revier einzustellen. Die letzten 11 Fische wurden 2009 (in Graz-Nord) besetzt (Tabelle 2). Es ist zu erwarten, dass die Einstellung von Besatzmaßnahmen keinen Einfluss auf die Populationsgröße und die Überlebensfähigkeit der Huchenpopulation in den Murabschnitten im Grazer Stadtgebiet und Graz-Umgebung-Nord haben wird, vorausgesetzt die gegenwärtigen Habitatzustände bleiben erhalten.

LITERATUR

- Belkhir K., Borsa P., Chikhi L., Raufaste N. & Bonhomme F. (1996–2004): GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5171, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Excoffier L., Laval G. & Schneider S. (2005): Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1,47–50.
- Freyhof J., & Kottelat M. (2008): *Hucho hucho*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. (www.iucnredlist.org).
- Goudet J. (1995) FSTAT (Version 1.2): A Computer Program to Calculate F-Statistics *J Hered* 86(6), 485–486.
- Holzer G. (2011): Habitatbeschreibung von Huchenlaichplätzen an der Pielach. Österreichs Fischerei, Jahrgang 64, 54–69.
- Pritchard J. K., Stephens M. & Donnelly P. J. (2000): Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155, 945–959.
- Van Oosterhout C., Hutchinson W. F., Wills D. P. M. & Shipley P. (2004): Micro-checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. *Molecular Ecology Notes*, 4, 535–538.
- Sampl H. (2010): UVE-Bericht für Energie Steiermark AG, Murkraftwerk Graz – Einreichprojekt zum UVP-Vefahren Juni 2010, Teil Gewässerökologie – 0505 Qualitätselemente Fische. 107 S.
- Schmutz S., Wiesner C., Preis S., Muhar S., Unfer G. & Jungwirth M. (2010): Beurteilung der ökologischen Auswirkungen eines weiteren Wasserkraftausbaus auf die Fischfauna der Mur. Universität für Bodenkultur Wien. Department Wasser, Atmosphäre, Umwelt. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement. Studie im Auftrag des Amtes der Steirischen Landesregierung, Fachabteilung 19A., Graz. 64 pp.

Weiss S., Maric S., Snoj A. (2010): Regional structure despite limited mtDNA sequence diversity found in the endangered Huchen, *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). *Hydrobiologia* 658, 103–110.

Weiss S. & Steinbrugger R. (2010): Mur-Huchen: genetischer Nachweis von Fremdbesatz und natürlicher Reproduktion. Endbericht. Im Auftrag der Steirischen Landesregierung Fachabteilung 10A & 13C and in cooperation with Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Zoologie & Universität für Bodenkultur, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement. 86 S.

Wolfram G. & Mikschi E. (2006): Rote Liste der Fische (Pisces) Österreichs. Zulka KP, Umweltbundesamt, Red. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 162 S.

Diese Arbeit ist Teil eines Berichtes von Univ.-Ass.Prof. Dr. Steven Weiss und Mag. Tamara Schenekar im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 10A – Fischereibeirat, den uns die Autoren zur Publikation zur Verfügung stellten.

- 1) In »Fragen zur Mur« (Kleine Zeitung, Do., 24. 2. 2011) tätigte Univ.-Prof. Dr. Hans Sampl die Aussage, der Mur-Huchen im Grazer Stadtgebiet stamme rein von Besatz ab. Diese Aussage steht bis heute auf der ESTAG-Webseite (<http://www.e-steiermark.com/wasserkraft/murkraftwerkgraz/fragen/index.htm>) als Teil ihrer Werbekampagnen für das Murkraftwerk.
- 2) Probenbereitstellung von den zertifizierten Sachverständigen wird in Klammern angegeben.
- 3) http://www.afv-graz.at/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=87
Das Fischereirecht für die Flussstrecke zwischen der A2-Brücke und Wildon besitzt zwar nicht der AFV, sondern die ESTAG, aber uns sind auch diesbezüglich keine Besatzmaßnahmen bekannt.

Fischereiwirtschaft und Fischereibiologie

Mergi – die Geschichte eines jungen Gänsesägers

Immer wieder werden von Bekannten verletzte oder verwaiste Tiere bei der Fischzucht Kreuzstein abgegeben. Mitte Mai des vergangenen Jahres brachten Kinder dem Fischereimeister Manfred Kletzl einen kleinen Gänsesäger. Das Tier wirkte geschwächt und zeigte keinerlei Fluchtreaktion. Daher brachte er den kleinen Vogel vorsichtig zu einem geschützten Plätzchen direkt am Seeufer. Während seiner Arbeitspausen schaute er immer wieder nach dem Vogel. Bald hatten jedoch Möwen und Rabenkrähen den kleinen Gänsesäger entdeckt und begannen ihn zu attackieren. Deshalb wurde er in ein kleines Fischaufzichtsbecken mit einer künstlichen Insel gebracht und eine Wärmelampe installiert. Bald hatte die gesamte Mannschaft der Fischzucht den kleinen Findling ins Herz geschlossen. Schnell war klar, der Jungvogel musste unbedingt fressen, denn das Tier wurde zunehmend schwächer. Kleine Regenbogenforellen, so um

