

Projektinitiative Troutcheck

Niederösterreich

ABSCHLUSSBERICHT

Karl-Franzens-Universität Graz
Institut für Zoologie
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz

und

Universität für Bodenkultur, Wien
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement
Max-Emanuelstrasse 17, A-1180 Wien

Wien/Graz 30.06.2010

Danksagung

Das Projektteam dankt den Finanziers des Projektes, dem **Niederösterreichischen Landesfischereiverband**, dem **Land Niederösterreich** und dem **Lebensministerium** aufs Herzlichste.

Ganz besonderer Dank gilt Herrn **Dr. Otto Schwomma**, der einerseits selbst Initiator und Ideengeber von Troutcheck war und sich andererseits auch während des Projekts immer aktiv eingebracht hat. Sein Engagement, seine Bereitschaft, uns während des Projekts so tatkräftig zu unterstützen, sowie seine fundierten und kritischen Diskussionsbeiträge in allen Phasen des Projekts waren ein wesentlicher Beitrag zum Erfolg von Troutcheck.

Wir danken der **Österreichischen Fischereigesellschaft (ÖFG gegr. 1880)**, dafür, dass sie uns Eidechselbach, Kalten Gang, Weissenbach und Göstlingbach als Versuchsgewässer zur Verfügung gestellt hat. Namentlich seien hier die Bewirtschafter Herr **Dr. Otto Schwomma** und Herr **Werner Unterlechner** hervorgehoben.

Danke an die **Kuppelwieser'sche Forstverwaltung in Lunz am See**, die uns den Oberen Lunzer Seebach als Versuchsgewässer zur Verfügung stellte und uns die Möglichkeit gab, auf deren Gelände die Fließrinne zu errichten. Die Forstverwaltung streckte einen Teil der Versuchsfische vor und erlaubte uns, Laichfische aus dem Unteren Lunzer Seebach zu entnehmen. Namentlich sei Herrn **Förster Ing. Bernd Puritscher** gedankt, der uns jederzeit tatkräftig unterstützte.

Wir danken der **Rothschild'schen Forstverwaltung Langau**, besonders Herrn **Forstmeister DI Johannes Doppler** für die Möglichkeit, den Winkel- und den Lackenbach als Versuchsgewässer zu nutzen.

Besonderer Dank gebührt auch Herrn **Erich Lanzenberger** und der **Fischzucht Füßelberger**. Die Fischzucht erbrütete einerseits unsere Versuchsfische und bot uns andererseits die Möglichkeit Markierungs- und Aufzuchtversuche durchzuführen.

Das Projekt hätte ohne die engagierte Mitarbeit vieler tatkräftiger Helfer der Boku und der Uni Graz nicht durchgeführt werden können! Daher danken wir: **DI Christian Frangez, Mag. Michael Gallowitsch, Andreas Haas, DI Manuel Hinterhofer, DI Georg Holzer, DI Martin Huber, Mag. Theodore Kopun, Mag. Stefan Kurat, DI Mathias Mair und DI Florian Pletterbauer und Mag. Anna Sprajc.**

I ERGEBNISSE DER ÖKOLOGISCHEN STUDIEN	1
2. Einleitung – Hintergrund	2
2.1 Zum Problemkreis Bewirtschaftung/Fischbesatz	2
3. Ökologisch/genetische Monitoring Studien – Besatzversuche	7
3.1 Besatzversuch mit 0+ Fischen	8
3.1.1 Einleitung und Fragestellung	8
3.1.2 Herkunft der Versuchsfische	9
3.1.3 Versuchsgewässer – Studiendesign	9
3.1.4 Entwicklung einer geeigneten Methode zur Markierung früher Jungfischstadien – Methodik und Ergebnisse	11
3.1.5 Ergebnisse des 0+ Besatzversuchs	14
3.1.5.1 Überleben	15
3.1.5.2 Wachstum	18
3.2 Besatzversuch 1+	21
3.2.1 Einleitung und Fragestellung	21
3.2.2 Herkunft der Versuchsfische, Aufzucht	22
3.2.3 Versuchsgewässer – Studiendesign	24
3.2.4 Ergebnisse des 1+ Besatzversuchs	27
3.2.4.1 Überleben	27
3.2.4.2 Wachstum	32
3.3 Conclusio Monitoring Studien	35
4. Literaturstudie	37
4.1 Auswirkungen der Umweltbedingungen in Fischzuchten	37
4.1.1 Einflüsse auf den Phänotyp	37
4.1.2 Einflüsse auf das Verhalten	38
4.2 Auswirkungen der Domestizierung in Fischzuchten	41
4.2.1 Einflussnahme auf die Physiologie	42
4.2.2 Einflussnahme auf das Verhalten	43
4.2.3 Zusammenfassende Darstellung	45
4.3 Naturnahe Aufzuchtmethoden	46
5. Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben	49
5.1 Einleitung	49
5.2 Ergebnisse	49
5.3 Conclusio Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben	56
6. Nachzucht genetisch integrier Populationen	58
7. Literatur	59
II GENETISCHE ERGEBNISSE DES PROJEKTS	63
8. Einleitung	64
9. Überblick über die Populationsbeprobung	65
10. mtDNA & LDH-C	67
11. Mikrosatelliten	73
11.1 Grundsätzliche Interpretationen auf Basis der Mikrosatelliten	74
11.2 Mehr als eine einfache Dichotomie zwischen atlantischen und danubischen Stämmen	74
12. Den Ursprung der Kreuzung unter natürlichen Populationen Österreichs verstehen	76
13. Literatur	80

Ergebnisse der ökologischen Studien

Günther Unfer und Kurt Pinter

Unter Mitarbeit von:

Stefan Fuchshuber

Michael Gallowitsch

Harald Kaufmann

Christina Riedl

Abstract

Die Arbeitsschwerpunkte des Instituts für Hydrobiologie (Boku) lagen (1) in der Durchführung von zwei groß angelegten ökologisch/genetischen Monitoring Studien, wozu in insgesamt sechs ausgewählten Versuchsgewässern Bachforellen besetzt und der Erfolg des Fischbesatzes evaluiert wurde. Des Weiteren (2) wurde eine umfassende Literaturstudie zum Problemkreis Fischbesatz durchgeführt. Durch die Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben (3) konnte ein Einblick in die österreichische Besatzfischzucht gewonnen werden. Die Haltung der Züchter hinsichtlich potenzieller Veränderungen ihrer Arbeitsweisen wurde erfragt und eine soziale Netzwerkanalyse durchgeführt, um die Persönlichkeitsnetzwerke innerhalb der Züchterlandschaft kennenzulernen.

Aus der Literaturstudie geht klar hervor, dass, wenn überhaupt, nur juvenile Stadien als Besatzfische tauglich sind. Die Ergebnisse der Monitoring Studien zeigen aber, dass auch der Besatz von Jungfischen keinerlei Erfolgsgarantie für Fischbesatz bietet, sondern der Erfolg von Besatz insgesamt zweifelhaft bleibt, wengleich im Rahmen von Troutcheck weitgehend intakte Gewässerabschnitte besetzt wurden. In solche Gewässer, die intakte Lebensraumvoraussetzungen für Bachforellenpopulationen bieten, sollten zukünftig, wenn überhaupt, genetisch integrale Fische besetzt werden. Die Versuche zeigten auch, dass die Erholung von natürlichen Beständen ohne Einbringen von Besatzfischen hervorragend funktioniert.

Die Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben zeigte, dass die Züchter unter gewissen Voraussetzungen zu Anpassungen ihrer Arbeitsweisen bzw. zur genetischen Anpassung ihrer Zuchtstämme bereit wären, wobei Innovationen v. a. durch die Einbindung maßgeblicher Züchter sowie durch Kundenforderungen bzw. den Gesetzgeber initiiert werden müssten.

1. Vorbemerkung

Der nunmehr vorliegende Endbericht stellt eine Zusammenfassung der durchgeführten Forschungsarbeiten im Rahmen von „Troutcheck“ dar und beinhaltet in erster Linie die Arbeitsschritte, die im Rahmen des Teilprojekts „Troutcheck Niederösterreich“ durchgeführt wurden. Das Projektsteam arbeitet an einem umfassenden Abschlussbericht zu beiden Projektteilen, „Troutcheck Niederösterreich“ und „Troutcheck Steiermark“. In diesem sollen zusätzlich zum Vorliegenden konkrete Empfehlungen zur Implementierung nachhaltiger Strategien hinsichtlich der Renaturierung von Bachforellenpopulationen in heimischen Gewässern erfolgen. Außerdem plant das Projektsteam ein Projektschluss-Symposium.

2. Einleitung – Hintergrund

Die Bachforelle ist der fischereiwirtschaftlich wichtigste Süßwasserfisch Österreichs. Unsere heimischen Bachforellenpopulationen wurden und werden durch jahrzehntelangen intensiven Besatz mit Brutstämmen aus anderen europäischen Regionen derart stark beeinflusst, dass endemische Linien bereits nahezu verschwunden sind. Die permanente Einbringung fremder Rassen in heimische Gewässer stellt deshalb ein besonderes Problem dar, da wertvolle biologische Ressourcen, wie sie lokal adaptierte Populationen darstellen, hochgradig gefährdet werden bzw. zum Aussterben verurteilt sind.

Eine Durchmischung der meisten im Rahmen von Troutcheck getesteten heimischen Wildfischpopulationen mit fremdem Besatzmaterial ist tatsächlich gegeben (vgl. Bericht Uni Graz). Die Gefahr, die wenigen autochthonen Populationen durch Einbringen fremden Besatzmaterials zu verlieren, könnte gebannt werden, indem Bachforellenbestände in Gewässern wie beispielsweise im Moosbach und Etrachbach (beide im Einzugsgebiet der Mur) unter entsprechenden Schutz gestellt werden.

2.1 Zum Problemkreis Bewirtschaftung/Fischbesatz

Unter dem Begriff Fischbesatz wird das wiederholte Einbringen von Fischen in ein Gewässerökosystem verstanden (Cowx 1998). Der Besatz künstlich gezüchteter Fische stellt die führende Maßnahme in der Bewirtschaftung von Fischpopulationen dar. Die Gründe für die Durchführung von Fischbesatz können sehr unterschiedlich sein. Je nach Definition des Besatzzieles werden folgende Besatzkategorien, die für Bachforellenbesatz relevant sind, unterschieden (verändert aus Holzer et al. 2003):

- Kompensationsbesatz: Fischbesatz, um die aufgrund anthropogener Eingriffe (Lebensraumdegradierung, Entnahme, etc.) eingeschränkte natürlich Reproduktionsleistung der Populationen zu kompensieren.
- Ertragsbesatz: Fischbesatz, um die kommerziellen- oder die angelfischereilichen Erträge zu steigern.
- Initialbesatz: Fischbesatz, um einen Bestand (neu) aufzubauen.
- Attraktivitätsbesatz: Fischbesatz, um die Attraktivität der Fischerei zu steigern.

Die Steigerung der kommerziellen und angelfischereilichen Erträge, der Schutz von vom Aussterben bedrohten Arten und die Wiederansiedelung bereits ausgestorbener Arten zählen international zu den häufigsten Besatzgründen (Dannewitz 2003). In Österreich kommt, abgesehen von den landesgesetzlichen Vorschriften zum Fischbesatz, vor allem die Angelfischerei als Besatzgrund zu tragen. Grundsätzlich kann im Rahmen der Fischerei von unterschiedlichen Motiven für Fischbesatz ausgegangen werden. Im Vordergrund stehen die Kompensation von Fischentnahme und die Steigerung des Kapitalwertes der Fischerei. Weiters soll die Fischerei für den Fischer interessanter bzw. ergiebiger gestaltet werden, sprich das Interesse an der Anglerei gesteigert werden (vgl. Postle & Moore 1996 in: Aprahamian et al. 2003).

Fischbesatz stellt jedoch eine ernsthafte Gefährdung für Wildfischpopulationen dar (vgl. Laikre et al. 1999). Weltweit häufen sich Anzeichen für den Rückgang wild lebender Salmonidenpopulationen. Besonders Aquakulturen in Küstengewässern sowie der Besatz von Fischen aus Aquakulturproduktion werden für die Abnahme der Wildfischbestände verantwortlich gemacht. Berechnungen von Ford und Myers (2008) zufolge ist der Aquakulturproduktion ein Rückgang wild lebender Lachspopulationen von 50 Prozent und mehr zuzuschreiben. Doch gerade aufgrund rückläufiger Fischbestände wird Fischbesatz mit zunehmender Intensität als Ausweg gesehen (Vidregar et al. 2003, Hatchery Reform 2004). Das Management und der Schutz von Wildfischpopulationen befinden sich also in einem misslichen Kreislauf. Die gegenwärtigen Methoden zur Erhaltung der Wildfischpopulationen bergen, anstatt Wildfischbestände zu schützen, ein zusätzliches Gefahrenpotential und tragen zur weiteren Reduzierung der Bestände bei.

Eines der Hauptprobleme bei der Bewirtschaftung von Fischpopulationen wird in der Kreuzung von Besatzfischen und lokalen Stämmen gesehen. Im Rahmen zahlreicher wissenschaftlicher Studien konnten die nachteiligen Auswirkungen künstlicher Zuchtbedingungen auf das Verhalten, die Physiologie und das Erbmateriale gezüchteter Fische nachgewiesen werden. Auch wenn künstlich gezüchtete Fische aufgrund ihrer Konstitution nur sehr geringe Überlebenschancen in natürlichen Lebensräumen haben, kommt es im Zuge der Reproduktion zu einem genetischen Austausch zwischen Wildfischen und Besatzfischen. Dieser Austausch „domestizierter“ Zuchtstämme mit Wildfischstämmen führt zu einer Veränderung bzw. Reduktion des Genpools lokaler Populationen, was wiederum eine starke

Reduktion der Fitness in der Nachkommenschaft zur Folge hat (Hindar et al. 1991, Utter et al. 1993, Reisenbichler & Rubin 1999, Waples 1999 in: Arahamian et al. 2003). Nicht nur die Einkreuzung domestizierter Fische birgt Gefahren. Durch die Einkreuzung (Hybridisierung) allochthoner Stämme derselben Art oder Kreuzungen unterschiedlicher Populationen kommt es zur so genannten „Outbreeding Depression“. Unter diesem Begriff versteht man im Wesentlichen „[...] die verminderte Fitness bei Nachkommen einer Kreuzung [...] zwischen Individuen verschiedener Populationen der gleichen Art“ (Largiadèr & Hefti 2002).

Weiters ist Inzucht („Inbreeding“), verursacht durch die fortgesetzte Paarung naher Verwandter, ebenfalls eine Erscheinung die im Zusammenhang mit Fischbesatz thematisiert wird (vgl. Holzer et al. 2003). Es kommt in Folge von Inzucht nachweislich zur Beeinflussung der Vitalität, der Fruchtbarkeit und letztendlich auch der Fitness der Individuen.

In Summe verursacht die Einbringung fremder und/oder domestizierter Individuen in eine lokal angepasste Population den Verlust der genetischen Integrität, der genetischen Anpassung an die lokalen Gegebenheiten, eine Schwächung der Individuen aus physiologischer Sicht und eine Beeinflussung der Verhaltensweisen. Die Hybridisierung kann bis zum Aussterben des Genpools der lokalen Population führen (Laikre et al. 1999). Das „Auffüllen“ der Gewässer mit Besatzfischen führt langfristig oft zu Bestandsdezimierung.

Angesichts dieser Risiken betonen Wissenschaftler aus aller Welt die Notwendigkeit, die Methoden der Bewirtschaftung zum Schutz von Wildfischpopulationen zu ändern. Durch Anpassung der gängigen Besatzpraktiken sollen die Ziele von Umweltschutz und Fischerei, nämlich die Etablierung bzw. Förderung selbsterhaltender, autochthoner und gesunder Fischpopulationen, erreicht werden. Ein Paradigmenwechsel in der Bewirtschaftung ist dazu unumgänglich. Übliche Bewirtschaftungspraktiken, die auf hohe Produktionsmengen von Besatzfischen abzielen, um die Bedürfnisse der Fischerei zu befriedigen, müssen durch angemessene Bewirtschaftungskonzepte bzw. möglichst naturnahe Zuchtmethoden ersetzt werden (vgl. Laikre et al. 1999, Flagg et al. 2000, Hatchery Reform 2004).

Erste Initiativen zeigen, dass nachhaltige Bewirtschaftungsstrategien mit Hilfe von Besatzmaßnahmen zum Erhalt bzw. Wiederaufbau von Wildfischbeständen beitragen können (Hatchery Reform 2004, Philippart 1995, Flagg & Nash 1999, Berejikian & Tezak 2005). Es wird jedoch auch betont, dass es weiterer Untersuchungen bedarf, um die Risiken der Besatzwirtschaft zu reduzieren. Erste Vorschläge und Strategien die den Schutz der Populationen und auch der genetischen Diversität beinhalten, werden bereits von Expertengruppen formuliert. Dazu gehören unter anderem:

- Die Bewirtschaftung der Wildfischpopulationen in Übereinstimmung mit den Konventionen zum Schutz der biologischen Diversität.
- Schutz der Arten auf intraspezifischer Ebene, mit den Lokalpopulationen als Grundeinheit. Dazu zählt auch die fortlaufende Erforschung der genetischen Strukturen einzelner Populationen.

- Priorisierung einzelner Populationen. Der Schutz der gesamten genetischen Vielfalt erscheint aus heutiger Sicht praktisch unmöglich.
- Sorgfältige Abwägung der Notwendigkeit von Besatzmaßnahmen. Sollte Besatz unumgänglich sein müssen gewisse Richtlinien (siehe Cowx 1998, Laikre et al. 1999, Holzer et al. 2004), und Prinzipien eingehalten werden, um negative Folgewirkungen zu vermeiden (Vorsorgeprinzip).
- Anwendung alternativer (naturnaher) Aufzuchtmethoden, um Effekte der Domestizierung zu vermeiden.

Eine Vielzahl detaillierter Empfehlungen wurde bereits ausgearbeitet, um die Umsetzung dieser Richtlinien zu unterstützen. Grundsätzlich gilt jedoch, dass Fischbesatz nicht als langfristiges Mittel für den Artenschutz bzw. die Erhaltung von Populationen gesehen werden darf. Künstliche Zucht von Fischen soll lediglich einen temporären Lösungsansatz bieten, bis die Lebensräume wieder hergestellt wurden und die natürliche Reproduktion die Erhaltung der Populationen sichert (Philippart 1995, Snyder et al. 1996, Fleming & Petersson 2001, Dannewitz et al. 2003, Wiley 2004).

Auch in Österreich werden als Besatzfische fast ausschließlich "domestizierte" Zuchtlinien (über mehrere Generationen in Fischzuchten weitervermehrt) ohne definierte Herkunft herangezogen, v. a. deshalb, weil diese unter Fischzuchtbedingungen bessere Wachstumsleistung zeigen und einfacher in Zuchten zu halten sind (Pinter, 2008). Daraus wird klar, dass die derzeitige Besatzpolitik, die allgemein als nützliche "Unterstützung" für die natürlichen Populationen angesehen wird, tatsächlich zur Gefährdung bzw. massiven Reduktion lokaler Genpools beiträgt.

Um geeignete Hege- und Renaturierungsmaßnahmen bzw. alternative Bewirtschaftungsmethoden für heimische Bachforellenpopulationen zu entwickeln, wurde in Kooperation der Universität für Bodenkultur, Institut für Hydrobiologie mit der Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Zoologie die Projektinitiative Troutcheck ins Leben gerufen.

Alle genetischen Untersuchungen im Projekt Troutcheck, auch jene im Rahmen der unten beschriebenen Arbeitspakete, die federführend durch die Boku bearbeitet wurden, wurden durch das Institut für Zoologie in Graz durchgeführt. Die Arbeitsschwerpunkte des Instituts für Hydrobiologie (Boku) lagen (1) in der Durchführung von zwei groß angelegten ökologisch/genetischen Monitoring Studien, wozu in insgesamt sechs ausgewählten Versuchsgewässern Bachforellen besetzt und der Erfolg des Fischbesatzes evaluiert wurden. Des Weiteren (2) wurde eine umfassende Literaturstudie zum Problemkreis Fischbesatz generell und speziell hinsichtlich der Möglichkeiten naturnaher Aufzuchtmethoden durchgeführt. Durch die Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben (3) mit Schwerpunkt Niederösterreich und Steiermark konnte ein Einblick in die österreichische Besatzfischzucht

gewonnen werden, wobei besonders auf Informationen zur Abstammung von Zuchtfischen und den Handel mit Besatzfischen fokussiert wurde. Außerdem wurde die Haltung der Züchter hinsichtlich potentieller Veränderungen ihrer Arbeitsweisen erfragt und schließlich eine Netzwerkanalyse durchgeführt, um die Persönlichkeitsnetzwerke innerhalb der Züchterlandschaft kennenzulernen und jene Betriebe zu identifizieren, deren Einbindung in zukünftige Renaturierungsmaßnahmen maßgeblich wäre. Ferner wurde begonnen (4) Fische einiger Populationen, die im Rahmen der genetischen Analysen als geeignet identifiziert wurden, zu vermehren, um zukünftig bereits genetisch geeignetes, heimisches Besatz- bzw. Zuchtmaterial zur Verfügung stellen zu können und ein entsprechendes Procedere für die Nachzucht vorschlagen zu können.

3. Ökologisch/genetische Monitoring Studien – Besatzversuche

Die beiden durchgeführten Monitoring Studien in insgesamt sechs niederösterreichischen Fließgewässern sollten zur Klärung von zwei wesentlichen Forschungsfragen beitragen:

1. Welchen Einfluss auf Überleben und Wachstum von Besatzfischen haben unterschiedliche Erbanlagen? Sind Abkömmlinge von Wildfischen besser als Besatzfisch geeignet als Nachkommen eines domestizierten Zuchtstammes?
2. Welchen Einfluss hat die Aufzucht? Sind Besatzfische, die unter natürlichen Haltungsbedingungen aufwachsen besser geeignet als Fische aus konventioneller Rundbeckenhaltung?

Der Erfolg von Fischbesatz ist oft grundsätzlich fragwürdig. Jedenfalls werden in Österreichs Gewässer jährlich viele Tonnen Bachforellen unterschiedlicher Herkunft und in verschiedenen Größen besetzt. Gleichzeitig gibt es vergleichsweise wenige Studien, die die Sinnhaftigkeit von Fischbesatz hinterfragen, sondern Besatz wird allgemein als nützliche Stützung des Wildfischbestandes angesehen.

Die beiden Freilandversuche im Rahmen von Troutcheck hatten das Ziel, sowohl Fische unterschiedlicher Herkunft (genetisch unterschiedliche Stämme) als auch Fische, die unter verschiedenen Umweltbedingungen aufgezogen wurden, auf ihre „Performance“ (Überleben und Wachstum) nach dem Besatz zu vergleichen. Dabei wurden noch nicht einjährige Fische, so genannte 0+ Fische und noch nicht zweijährige Bachforellen, so genannte 1+ Fische besetzt. Eine detailliertere Beschreibung der Versuche und die Darstellung der wesentlichen Ergebnisse erfolgen in den folgenden Kapiteln. Bei den Versuchen wurde auf Jungfische fokussiert, da aus zahlreichen internationalen Studien bereits eindeutig belegt ist, dass der Besatz von älteren (fangfähigen) Fischen grundsätzlich nicht zu einer nachhaltigen Stützung natürlicher Bestände beiträgt, sondern lediglich kurzfristig höhere Fangerträge bringen kann, die fischereiwirtschaftlich zwar in manchen, stark beeinträchtigten Gewässern Sinn machen können, aber im Sinne einer nachhaltigen Bestandsstützung erfolglos bleiben. Als Ursache für den mittel- und langfristigen erfolglosen Besatz größerer (fangfähiger) Fische wird primär die „Domestizierung“ genannt. Darunter ist der Prozess zu verstehen, bei dem Wildtiere unter menschlichem Einfluss zu Haustieren werden. Wildtiere werden in menschlich kontrollierter Umgebung (Fischzucht) gehalten und weitervermehrt, was zu genetischen Veränderungen führt, die schließlich Fische hervorbringen, die unter Zuchtbedingungen hervorragend überleben und wachsen, dadurch aber für ein Leben im freien Gewässer immer ungeeigneter werden. Streng genommen impliziert Domestizierung jedenfalls genetisch fixierte Veränderung. Wir gehen aber davon aus, dass ein mehrjähriger Aufenthalt in Fischzuchten auch bei Abkömmlingen von Wildfischen zumindest Verhaltensänderungen hervorruft, die sich bei späterem Besatz in geringerer Überlebensfähigkeit niederschlagen (vergleiche unten;

Literaturstudie zum Thema Fischbesatz). Insgesamt ist festzuhalten, dass Fische aus Fischzuchten hohe Ausfallraten nach dem Besatz zeigen und dass es gilt, die Überlebensraten von Besatzfischen zu erhöhen, wenn Fischbesatz tatsächlich dazu beitragen soll, Wildfischbestände nachhaltig zu stärken. Dies wiederum verlangt jedenfalls den Besatz juveniler Stadien genetisch integrierender Fische, die nicht zu lange unter konventionellen Zuchtbedingungen gehalten werden dürfen.

3.1 Besatzversuch mit 0+ Fischen

3.1.1 Einleitung und Fragestellung

Im beschriebenen Versuch wurde die Relevanz genetischer Unterschiede sowie der Domestizierung für den Erfolg bzw. Misserfolg von Besatzmaßnahmen geprüft. Erfolg von Fischbesatz kann dabei grundsätzlich über Teilaspekte definiert werden. (a) Besatzfische überleben und entwickeln sich im Gewässer. (b) Gemeinsame Reproduktion bodenständiger Fische mit den Besatzfischen führt zur Stärkung der Wildfischpopulation. Im Fall von Initialbesatz wäre der Erfolg so definiert, dass (c) es gelingt, eine neue sich selbsterhaltende Population zu gründen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie konzentrierte sich die Fragestellung des 0+ Versuchs auf den erstgenannten Erfolgsfaktor (a). Die „Performance“ der Besatzfische wird dabei anhand der Parameter (I) Mortalität und (II) Wachstum gemessen. Wie sich die besetzten Bachforellen langfristig auf die Wildfischpopulation auswirken, konnte mit der vorliegenden Untersuchung nicht bearbeitet werden. Anhand der Ergebnisse sowie mithilfe von bestehendem Wissen zur Bedeutung der genetischen Integrität von Fischpopulationen können daraus gezogene Schlüsse auf das Erfolgskriterium (b) angewandt werden. Die zentralen Hypothesen zum Besatzeperiment lauteten:

Regional angepasste Besatzfische weisen

(1) höhere Überlebensraten und

(2) höhere Wachstumsraten auf als genetisch fremde und domestizierte Besatzfische.

Die Frage nach dem Einfluss der Abstammung bzw. unterschiedlicher Erbanlagen von Bachforellen hinsichtlich des Erfolges von Besatz erfordert, dass die Besatzfische nur möglichst kurz in einem Fischzuchtbetrieb herangezogen wurden. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Freilandversuch möglichst wenig durch die Lebensbedingungen in einer Fischzucht beeinflusst wird. Daher wurden die Versuche mit so genannten 0+ Bachforellen durchgeführt, die nur wenige Wochen in der Fischzucht angefütert wurden.

3.1.2 Herkunft der Versuchsfische

Zur Prüfung oben genannter Hypothesen wurden ein regionaler, selbst reproduzierender Wildfischstamm (fortan regionaler Stamm genannt) und ein seit 1950 domestizierter und atlantik stämmiger Zuchtfischstamm (fortan Zuchtstamm genannt) verglichen.

Nachdem im genetischen Screening Niederösterreichischer Populationen keine reinerbig donau-stämmigen Populationen gefunden wurden (vgl. Bericht Uni Graz), wurde als regionaler Mutterfischstamm die Bachforellenpopulation der Ois (Obere Ybbs) ausgewählt. In diesem Gewässer wurde seit ca. 10 Jahren kein Fischbesatz mehr eingebracht, wodurch sichergestellt war, dass im Gewässer ausschließlich Wildfische leben. Die Ois weist einen hervorragenden Wildfischbestand auf, der dort heimische Bachforellenstamm wurde allerdings in vorangegangenen Jahrzehnten stark besetzt, wodurch eine Durchmischung mit Fischen fremder Erbanlagen vorliegt. Somit ist festzuhalten, dass die gewählte Bachforellenpopulation genetisch zwar nicht ursprünglich ist, sich aber ausschließlich aus Wildfischen rekrutiert und vitale Bestände aufweist.

Der ausgewählte Zuchtstamm ist rein atlantischer Herkunft und wird seit den 1950er Jahren in einer Niederösterreichischen Fischzucht gehalten und weitergezüchtet. Durch die mehr als 50jährige Anpassung an die Fischzucht und die Selektion durch den Züchter ist in diesem Fall von einer stark domestizierten Population auszugehen. Der Zuchtstamm wurde nach Aussage des Fischzüchters einige Male durch männliche Wildfische ergänzt, weibliche Fische wurden aber nie in den Zuchtstamm aufgenommen.

Zur Gewinnung der 0+ Besatzfische wurden Anfang Dezember 2006 ca. 100 laichreife Elterntiere in der Ois gefangen, in einer Niederösterreichischen Fischzucht abgestreift und so ca. 6.000 Augenpunkteier produziert. Vom Zuchtstamm wurden ca. 6.000 Augenpunkteier zugekauft und in der selben Anlage weitererbrütet, sodass die Nachkommen beider Stämme gleichzeitig und unter selben Bedingungen schlüpfen und unter den selben Bedingungen herangezogen werden konnten. Der Aufenthalt der Jungfische in der Fischzucht wurde auf wenige Wochen beschränkt (8 Wochen Anfütterung), um die Beeinflussung der Fische durch die Zucht so gering wie möglich zu halten.

3.1.3 Versuchsgewässer – Studiendesign

Der 0+ Besatzversuch wurde in den Bächen Kalter Gang, Eidechselbach und Weißenbach im Einzugsgebiet der Piesting durchgeführt (Abbildung 1). Für die Auswahl der Versuchsbäche war entscheidend, dass die Bäche in ihrem Charakter der Forellenregion zuzuordnen sind und somit in Punkto Nahrungsangebot, Temperatur- und Abflussverhältnissen den natürlichen Ansprüchen der Forellen entsprechen. Die Bäche sollten weitestgehend natürlich strukturiert und hydrologisch unbeeinflusst sein, um eine Beeinflussung des Versuchs durch mangelhafte Habitatqualität zu vermeiden. Um einen Vergleich der Überlebensfähigkeit der

Versuchsstämme bei natürlichem Räuberdruck anstellen zu können, sollten die Bäche auch einen vitalen Wildfischbestand aufweisen. Zudem mussten alle Bäche unbewirtschaftet sein, demselben geologischen Untergrund zuzuordnen sein und geologisch der Ois entsprechen. Ein methodisch einwandfreier Versuchsablauf konnte am ehesten gewährleistet werden, wenn die Bäche eine mittlere Breite von 5 m nicht überschreiten und möglichst nahe zueinander liegen.

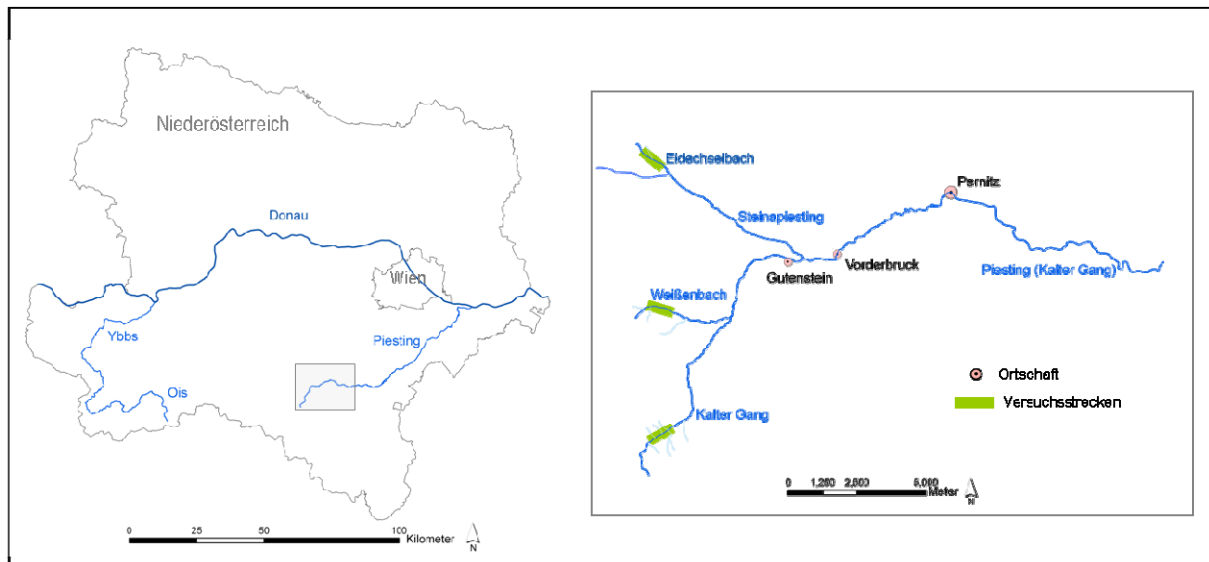


Abbildung 1: Lage der Versuchsbäche bzw. -strecken in Niederösterreich im Einzugsgebiet der Piesting

Innerhalb der Versuchsbäche wurden je fünf ca. 100 m lange Versuchsstrecken für den Besatz abgegrenzt. Zwischen den Versuchsstrecken wurden (ohne Besatz) Pufferstrecken eingerichtet. Vor dem Besatz mit den Versuchsfischen wurden die Fischbestände in den Versuchsgewässern mittels E-Befischung quantitativ erhoben.

Der Besatz der Versuchsbäche fand am 15. Mai. 2007 statt. Dabei wurde darauf geachtet, die Jungfische gleichmäßig auf die Versuchsstrecken aufzuteilen. Als Richtwert für den Besatz wurde die Fläche der einzelnen Versuchsstrecken herangezogen. Das Auszählen der Fische erfolgte vor Ort mithilfe eines Messzylinders.

Bei der Kalkulation der Besatzdichten wurde keine Rücksicht auf die natürliche Bestandsdichte an juvenilen (0+) Forellen in den Versuchsbächen oder vergleichbaren Gewässern genommen. Vielmehr wurden die Versuchsbäche mit ca. 33.000 Individuen pro Hektar (3,3 Ind./m²) und Bach sehr dicht besetzt.

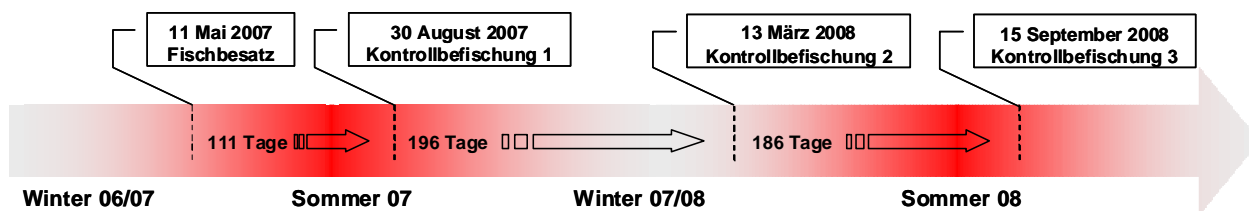


Abbildung 2: Zeitachse mit dem Besatztermin und den drei Kontrollbefischungsterminen

Um Aussagen über Wachstum und Mortalität der Forellen treffen zu können, wurden alle drei Versuchsbäche innerhalb eines Jahres drei Kontrollbefischungen unterzogen (Abbildung 2) und die gewonnenen Daten am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG) der Universität für Bodenkultur in Wien analysiert, genetische Analysen erfolgten durch das Institut für Zoologie der Universität Graz. Damit eine Unterscheidung der Bachforellen während der Fortdauer des Versuchs gewährleistet blieb, wurden die Besatzfische genetisch erfasst bzw. mittels einer geeigneten Methode (siehe unten) markiert.

3.1.4 Entwicklung einer geeigneten Methode zur Markierung früher Jungfischstadien – Methodik und Ergebnisse

Für den 0+ Besatzversuch mussten juvenile Bachforellen dreier unterschiedlicher Populationen unterschieden werden können. Dazu zählten die für den Versuch besetzten Forellen, welche einerseits von der Ois-Population (I) und andererseits vom Zuchtstamm der niederösterreichischen Fischzucht (II) abstammen, sowie als dritte zu unterscheidende Population, die in den jeweiligen Versuchsgewässern lebenden Wildfische (III). Um eine eindeutige Unterscheidung der beiden genetisch verwandten Wildfischpopulationen (I und III) beziehungsweise der Besatzfische (I und II) zu ermöglichen, wurden die Otolithen der Fische des regionalen Stamms (I) mittels Farbstoff markiert. Die Forellen des Zuchtstamms waren mittels genetischer Analyse klar von den Wildfischen unterscheidbar. Die Zuordnung der Fische zu den Populationen (II) und (III) erfolgte also anhand genetischer Tests (vgl Bericht Uni Graz).

Eine gängige Markierungsart (bspw. VI Tags), wie sie bei größeren Fischen verwendet wird, konnte nicht angewandt werden, da die Individuen noch im Eistadium oder spätestens im Brütlingsstadium markiert werden mussten. Um trotzdem eine eindeutige Unterscheidung der Fische über den gesamten Versuchszeitraum zu gewährleisten, musste eine einfach durchzuführende und effektive Markierungsmethode gefunden werden. Da es noch nicht ausreichend Erfahrungen zum Markieren von Forellen in juvenilen Stadien gab, wurde vor Beginn des Besatzversuchs eine Färbemethode mit dem Farbstoff Alizarinrot S (ARS) entwickelt.

Dazu wurden bereits im Dezember 2004 Bachforellen aus dem Seebach bei Lunz gefangen und in der Fischzucht Füsselberger abgestreift. Die Eier wurden zur Erbrütung aufgelegt. Die

erste Färbeprozedur (21. Jan. 2005) fand mit Augenpunkteiern (Abbildung 3) statt. Je drei Gruppen von exakt 300 Eiern wurden ausgezählt und separiert. Für den Färbeprozess wird eine Lösung aus Wasser und Farbstoff angesetzt, in der die Individuen 24 Stunden bleiben. Eine Gruppe wurde mit 500 mg/l, die zweite mit 1000 mg/l ARS gefärbt (Abbildung. 4). Die dritte Gruppe wurde derselben Prozedur unterzogen, ohne sie zu färben und diente als Kontrollgruppe. Zum Färben wurden die Eier 24 Stunden lang in der ARS-Lösung immmergiert. Das Volumdverhältnis zwischen Eiern und Lösung betrug dabei 1:10. Die Lösung wurde belüftet und der pH-Wert laufend kontrolliert, und um pH 8 stabilisiert. Nach dem Färben wurden die Eier vorsichtig gespült, um den verbliebenen Farbstoff auszuwaschen. Folglich wurden die Eier (auch die Kontrollgruppe) in separaten Brutrahmen weiter erbrütet.



Abbildung 3 und 4: Bachforelleneier im Augenpunktstadium und das Färben der Eier mit Alizarinrot S

Das zweite Färbexperiment wurde nach weiteren 18 Tagen (08. Feb. 2005) an nun geschlüpfter Dottersackbrut durchgeführt. Wieder wurden je 300 Larven in zwei Lösungen unterschiedlicher ARS Konzentration gefärbt. Hier wurden 150 mg/l bzw. 300 mg/l ARS verwendet. Die 300 Larven wurden in je einem Liter Lösung für drei Stunden dem Farbstoff ausgesetzt.

Nach weiteren 35 Tagen, am 14. März 2005, wurde der dritte Färbeversuch mit nun bereits angefügterten Jungfischen durchgeführt. Je eine Gruppe von 300 Bachforellen wurde wieder in einer 150 mg/l bzw. einer 300 mg/l ARS-Lösung drei Stunden lang bei einem pH-Wert von 8,03 gefärbt. Alle sieben Gruppen wurden am 17. März. 2005 in separate Rundbecken gesetzt und bis zum Versuchsende, dem 05. Dez. 2005, in konventioneller Rundbeckenhaltung gezogen. Um Rückschlüsse auf die Mortalitätsraten innerhalb der verschiedenen Gruppen ziehen zu können, wurden täglich alle Becken kontrolliert und tote Individuen eingesammelt. Im Dezember 2005 wurden Stichproben von je 13 Fischen, 267, 301 bzw. 319 Tage nach dem Färben entnommen und bis zur weiteren Analyse der Otolithen tiefgefroren. Die restlichen Fische wurden für die Erfassung der Sterblichkeitsraten gezählt und vermessen.

Tabelle 1: Versuchsanordnung zum Färben der Otolithen dreier verschiedener Entwicklungsstadien juveniler Bachforellen in unterschiedlichen Konzentrationen von Alizarinrot S.

Entwicklungsstadium beim Färben	Anzahl an Individuen	Konzentration Alizarinrot S (mg/l)	Färbedauer (h)	Zeitraum bis zur Probenentnahme (d)
Augenpunkteier Kontrollgruppe	300	-	-	319
Augenpunkteier	300	500	24	319
Augenpunkteier	300	1.000	24	319
Dottersackbrut	300	150	3	301
Dottersackbrut	300	300	3	301
Angefütterte Brut	300	150	3	267
Angefütterte Brut	300	300	3	267

Von den jeweils 13 Fischen aus allen 7 Versuchsgruppen wurden kurz nach dem Auftauen die beiden Sagittae und teilweise auch ein oder zwei Lapilli entnommen und in mit Wasser gefüllten Plastikeprouvetten im Dunklen verwahrt. Zur Untersuchung der Markierung auf den Otolithen wurde ein Fluoreszenz-Mikroskop (Filter: Leica ds red 10 44 7079; Wellenlänge Exzitation: 545 nm, Bandbreite 530 – 560 nm; Emission: 620 nm, Bandbreite 590 – 650 nm) verwendet. Die Otolithen wurden auf Objektträger mit Wasser gelegt und mit einem Deckglas abgedeckt. Die Detektierung der Marken erfolgte bei 40facher Vergrößerung. Die Erkennbarkeit der Markierung wurde notiert.

Während des Färbevorgangs selbst starb kein einziges Individuum. Keine signifikanten Unterschiede in der Mortalität nach dem Färben zeigten sich innerhalb der Versuchsgruppen, die im Augenpunktstadium (17 bzw. 21,3 %) und im Dottersackstadium (12,7 %) bei geringer ARS - Konzentration (150 mg/l) gefärbt wurden, im Vergleich mit der unbehandelten Kontrollgruppe (19,3 %). Bei der im Dottersackstadium mit 300 mg/l ARS gefärbten Gruppe war die Sterblichkeitsrate leicht erhöht (30,6 %). Stark erhöht zeigte sich die Mortalität in beiden Gruppen, die als angefütterte Brut gefärbt worden waren (68,7 bzw. 77,4 %). Ein Großteil der toten Individuen in allen Versuchsgruppen wurde in den ersten drei Monaten gefunden, danach verringerte sich die Sterblichkeit deutlich und ab Oktober, rund sechseinhalb Monate nach der letzten Färbeprozedur, starben nur noch insgesamt zwei Fische (Mortalitätsraten siehe Tabelle 1).

Alle Otolithen (100 %), Sagittae wie auch Lapilli, die von Fischen aus den Färbeversuchen stammten, zeigten bei 40facher Vergrößerung unter dem Fluoreszenz-Mikroskop und bei Verwendung des oben erwähnten Filters gut erkennbare Markierungen (Abbildung 5). Der Farbstoff wurde aufgrund der frühen Entwicklungsstadien zum Zeitpunkt des Färbens nahe dem bzw. im Nucleus (Kern) der Otolithen eingelagert und schien rot bis leuchtend rot (Abbildung 6). Je höher das Entwicklungsstadium, desto größer erscheint generell die Markierung um den Nucleus. Trotzdem war eine Unterscheidung der Entwicklungsstadien aufgrund der Größe der Marken nicht eindeutig möglich. Die qualitativ besten Markierungen wurden bei den Otolithen der Fische aus dem Färbeversuch mit Augenpunkteiern gefunden. Die Fluoreszenzmarken erschienen hier sehr regelmäßig und leuchteten hellrot. Die höhere

Konzentration von 1.000 mg/L ARS im zweiten Färbeversuch mit Augenpunkteiern lieferte keine besseren, sondern eher unregelmäßigere Markierungen. Die Färbeversuche an höheren Entwicklungsstadien lieferten ebenfalls gut erkennbare, aber qualitativ schlechtere Marken. Auch nach drei Monaten Lagerung im Dunklen waren die Markierungen noch gut zu erkennen. In der Kontrollgruppe wurden keine Markierungen festgestellt (Tabelle 2)

Tabelle 2: Mortalitätsraten und Färbeerfolg während und nach dem Färben dreier juveniler Entwicklungsstadien von Bachforellen mit unterschiedlichen Konzentrationen Alizarinrot S.

Entwicklungsstadium/ARS Konzentration	Mortalitätsraten		Färbeerfolg		
	Mortalität während dem Färben (%)	Mortalität bei Versuchende (%)	Anzahl untersuchter Fische	Anzahl untersuchter Otolithen	Sichtbarkeit der Marken (%)
Augenpunkteier Kontrollgruppe	0	19,3	13	20	0
Augenpunkteier 500mg/L	0	17	13	23	100
Augenpunkteier 1000mg/L	0	21,3	13	27	100
Dottersackbrut 150 mg/L	0	12,7	13	14	100
Dottersackbrut 300mg/L	0	30,6	12	27	100
Angefütterte Brut 150 mg/L	0	68,7	12	22	100
Angefütterte Brut 300mg/L	0	77,4	13	24	100

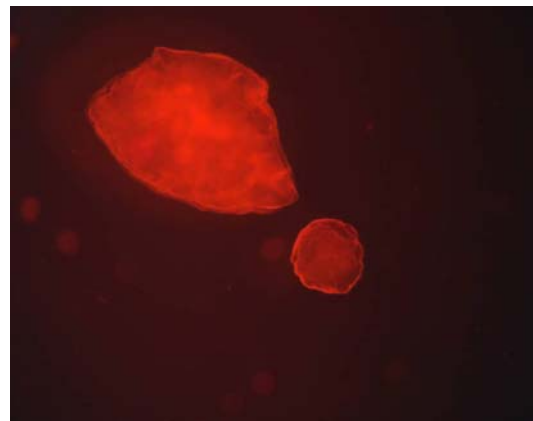
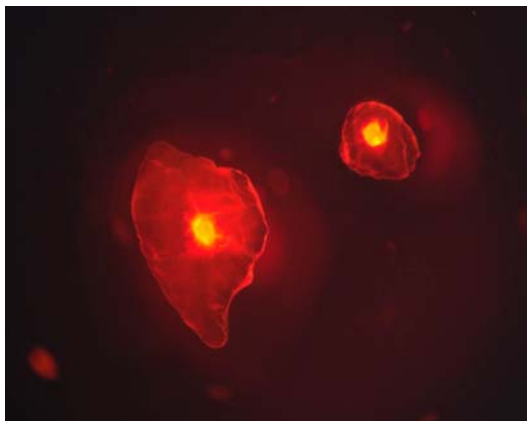


Abbildung 5 und 6: Mittels ARS markierte Otolithen (links) und unmarkierte Otolithen (rechts)

Als Konsequenz aus dem beschriebenen Versuch wurden für den 0+ Besatzversuch ausschließlich Augenpunkteier mit der geringeren Konzentration von 500 mg/l ARS gefärbt. Somit konnte sicher gestellt werden, dass die Detektierbarkeit der Marken ohne Probleme gegeben ist und die Belastung durch das Färben für die Augenpunkteier möglichst gering gehalten wird. Weiters erwies sich die Methode als kostengünstig und unter konventionellen Fischzuchtbedingungen einfach durchführbar.

3.1.5 Ergebnisse des 0+ Besatzversuchs

Im Rahmen des 0+ Versuchs wurden sowohl vom regionalen als auch vom domestizierten Fischzuchtstamm knapp 5.200 Individuen in die drei Versuchsgewässer eingebracht. Die vorab durchgeführte Untersuchung physiologischer und morphometrischer Parameter ergab keine für den Versuch bedeutenden statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den

beiden Stämmen. Bei den Forellen der niederösterreichischen Fischzucht konnte im Mittel zwar ein minimaler Größenvorteil nachgewiesen werden, allerdings konnte dieser für den weiteren Versuchsablauf als vernachlässigbar angesehen werden. *Gesteigertes Wachstum domestizierter Individuen ist ein durchaus bekanntes Phänomen, das auf bestimmte physiologische Eigenschaften zurückzuführen ist, die durch die künstliche Selektion gefördert werden (vgl. AQUAWILD 2002, Fleming et al. 2002).*

3.1.5.1 Überleben

Zum Überleben der beiden Fischstämme kann vorerst festgehalten werden, dass es unmittelbar nach dem Besatz zu einer dramatischen Abnahme der Bestandsdichten kam, während im weiteren Versuchsverlauf die Rückgänge vergleichsweise gering ausfielen. Die folgende Abbildung gibt Auskunft über die prozentuelle Verteilung der einzelnen Fischstämme zu den drei Kontrollterminen. Für den ersten Termin, rund dreieinhalb Monate nachdem die Fische besetzt wurden, sind nur Daten aus dem Eidechselbach vorhanden. Auffallend ist einerseits die Dominanz der an die Gewässerregion angepassten Besatzfische aus der Ois, andererseits ist auch der, gemessen an der extrem hohen Besatzdichte, große Anteil (32 %) an Wildfischen bereits am ersten Kontrolltermin bemerkenswert.

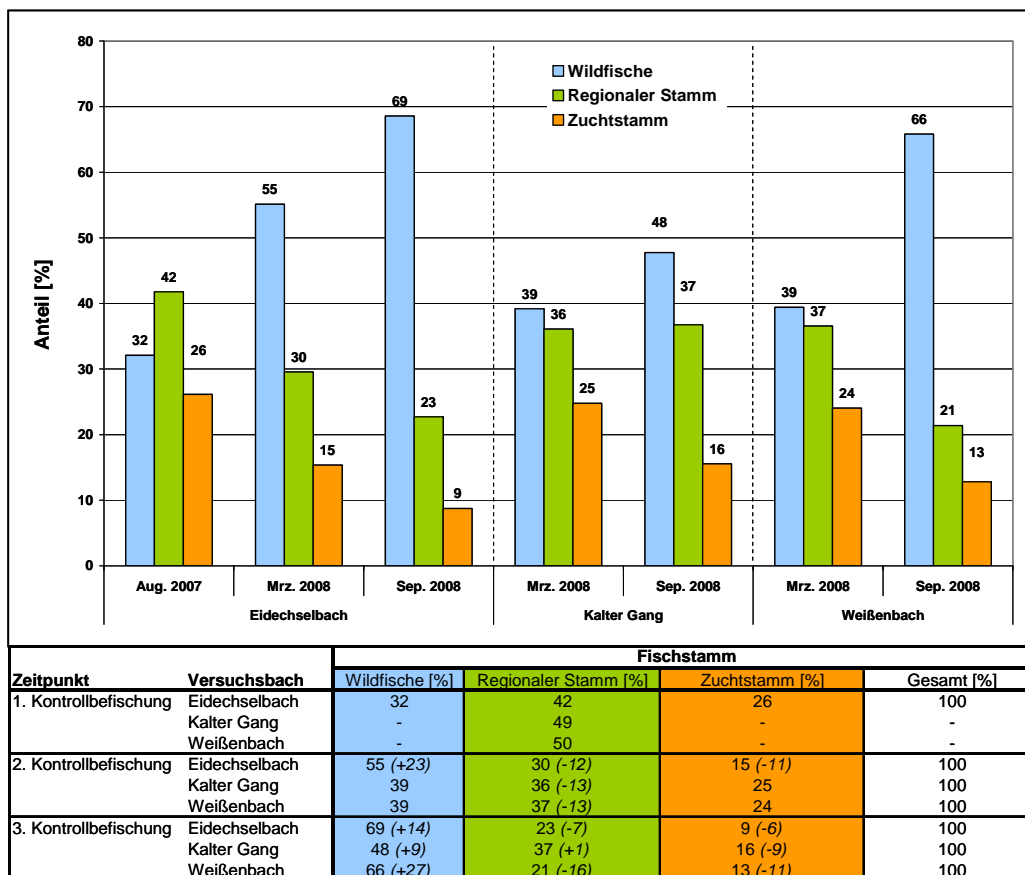
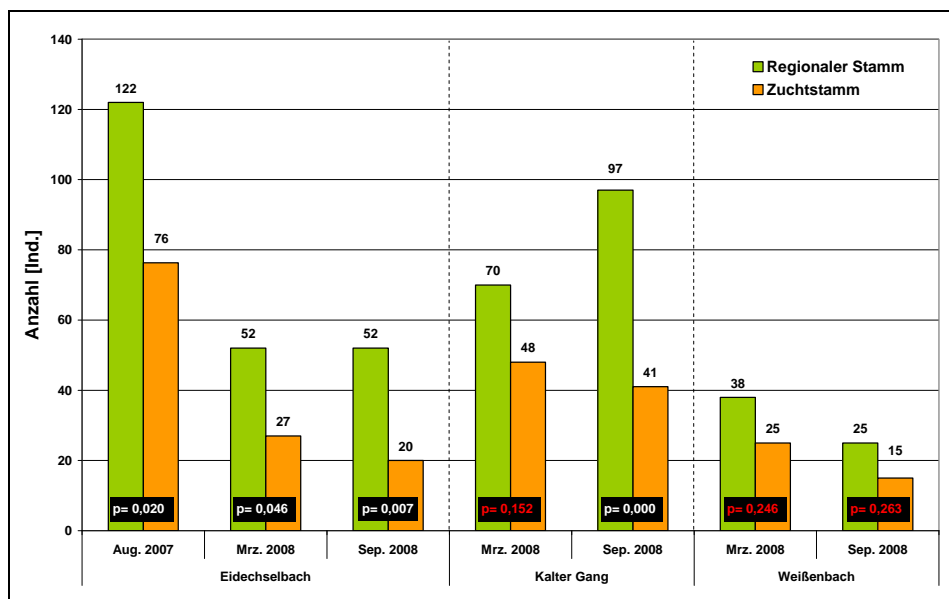


Abbildung 7: Prozentuelle Verteilung der analysierten und den drei Fischstämmen zugewiesenen Individuen aller Kontrolltermine. Die in Klammer gestellten Werte in der unten angefügten Tabelle

geben Auskunft über die Zu- oder Abnahme des jeweiligen Stamms im Bezug auf den vorhergehenden Kontrolltermin. Die Abbildung macht einerseits die stete Dominanz des regionalen Stamms gegenüber dem domestizierten Fischzuchtstamm ersichtlich, weiters wird jedoch vor allem auch der mit fortschreitender Versuchsdauer zunehmende Rückgang der Besatzfische gegenüber den Wildfischen verdeutlicht.

Vorerst soll jedoch die unterschiedliche Entwicklung der beiden besetzten Stämme betrachtet werden. Hier ergab die statistische Analyse mittels Residualtest, dass bei einer Signifikanzschranke von $p=0,05$ im Eidechselbach ein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit des Vorkommens der Individuen aus den beiden Stämmen vorliegt (Abbildung 8). Dieser Unterschied ist im Eidechselbach jedoch nicht nur im Zuge der ersten Kontrollbefischung nachgewiesen worden. Auch bei den zwei folgenden Kontrollterminen ergab die statistische Auswertung, dass signifikant mehr Individuen des heimischen (regionalen) Fischstamms wieder gefangen werden konnten, als Forellen der domestizierten Linie. Am deutlichsten wird der Unterschied zwischen den beiden Stämmen zum letzten Termin. Im direkten Vergleich kommt hier der regionale Fischstamm auf einen Anteil von über 72 %, wohingegen die Abkömmlinge des domestizierten Zuchtstamms lediglich auf knappe 28 % kommen.



Anm.: Für den Kalten Gang und den Weißenbach waren zum ersten Termin keine Daten verfügbar

Abbildung 8: Vergleich der Abundanz der beiden Versuchsstämme zu den verschiedenen Kontrollterminen in den drei Versuchsbächen. Die statistische Prüfung der Häufigkeiten anhand des Residualtests ergab bei einer Signifikanzschranke von $p=0,05$ in der Mehrheit der Prüfungen einen statistisch signifikanten Unterschied (in weißer Schrift) zwischen den beiden Stämmen.

Dieses eindeutige und statistisch geprüfte Ergebnis tritt jedoch nicht in allen drei Versuchsgewässern in derselben Klarheit auf. Im Kalten Gang beispielsweise liegt zum zweiten Kontrolltermin ein ausgeglicheneres Verhältnis zwischen den beiden Stämmen vor,

der Unterschied ist aus statistischer Sicht nicht signifikant und kann demnach zufällig zustande gekommen sein. Nichtsdestotrotz kann es, verglichen mit den Ergebnissen aller anderen Termine und Bäche, als Tatsache verstanden werden, dass die an die regionalen Gegebenheiten angepassten Individuen sich vergleichsweise besser behaupten konnten, als die der domestizierten Linie; ein Ergebnis das sich zu Versuchsende auch im Zuge der statistischen Prüfung als eindeutig (signifikant) erweist. Im Weißenbach konnte festgestellt werden, dass ein vergleichbarer Unterschied zwischen den Stämmen existiert, der aber aufgrund der Testentscheidung nicht als signifikant interpretiert werden sollte. Die Unterschiede zu den anderen Versuchsgewässern müssen hier als lokal spezifisch gedeutet werden.

Wie bereits angedeutet, konnte im Zuge der Häufigkeitsanalyse der beiden besetzten Stämme nicht nur der Einfluss der Erbanlagen auf die Performance geprüft werden, sondern eine weitere wichtige Feststellung zur Bedeutung der Abstammung gemacht werden. In Abbildung 7 wird ersichtlich, dass in allen drei Versuchsgewässern der Anteil der ansässigen Wildfische mit fortschreitender Versuchsdauer stark zunimmt und sich die natürlich aufkommenden Individuen gegenüber dem Besatzmaterial zusehends durchsetzen können. Diese Entwicklung kann primär auf die Tatsache zurückgeführt werden, dass die Wildfische vom Zeitpunkt der Eibefruchtung an, an die lokalen Gegebenheiten in den Gewässern angepasst sind. Unterschiede in der Dominanz der Wildfische in den drei Versuchsgewässern lassen sich durch die lokal spezifischen Gegebenheiten (Lebensraumverfügbarkeit, etc.) erklären (vgl. Riedl 2009). Abbildung 9 zeigt den Trend der Entwicklung der drei Vergleichsstämme im Eidechselbach extrapoliert bis drei Jahre nach dem Besatz, wobei die bis zum Versuchende gegebenen Überlebensraten zur Extrapolation herangezogen wurden. Dabei ist ersichtlich, dass die besetzten Fische nach drei Jahren nur noch einen verschwindend kleinen Anteil am Gesamtbestand dieses Jahrgangs hätten, obwohl extreme Dichten eingebracht wurden und die Besatzfische zu Versuchsbeginn einen Anteil von ca. 85% hatten. Nach drei Jahren hätten die Abkömmlinge des Zuchtstammes nur noch einen Anteil von ca. 1%, die Nachkommen des regionalen Stammes von ca. 6%. Obwohl ausschließlich 0+ Fische besetzt wurden, die nur kurz in der Fischzucht angefüttert wurden, muss im Wesentlichen vom Scheitern des Besatzes gesprochen werden. Es ist in keiner Weise gelungen, den Wildfischbestand tatsächlich quantitativ zu stützen. Auch die Abkömmlinge der regional angepassten und geographisch nahegelegenen Population aus einem Gewässer mit gleicher Geologie (Ois) werden von den Wildfischen auskonkurrenziert, wenngleich sie zumindest deutlich besser abschneiden als die Fische aus dem domestizierten Zuchtstamm.

Dies führt zur Schlussfolgerung, dass Bachforellen Besatz in Gewässern, die einen vitalen Bestand aufweisen, unterlassen werden sollte, da einerseits die Gefahr besteht, die genetische Integrität der Wildfischpopulation zu gefährden und andererseits ein Besatz auch in keiner Weise wirtschaftlich ist (vgl. auch Holzer & Hinterhofer 2009).

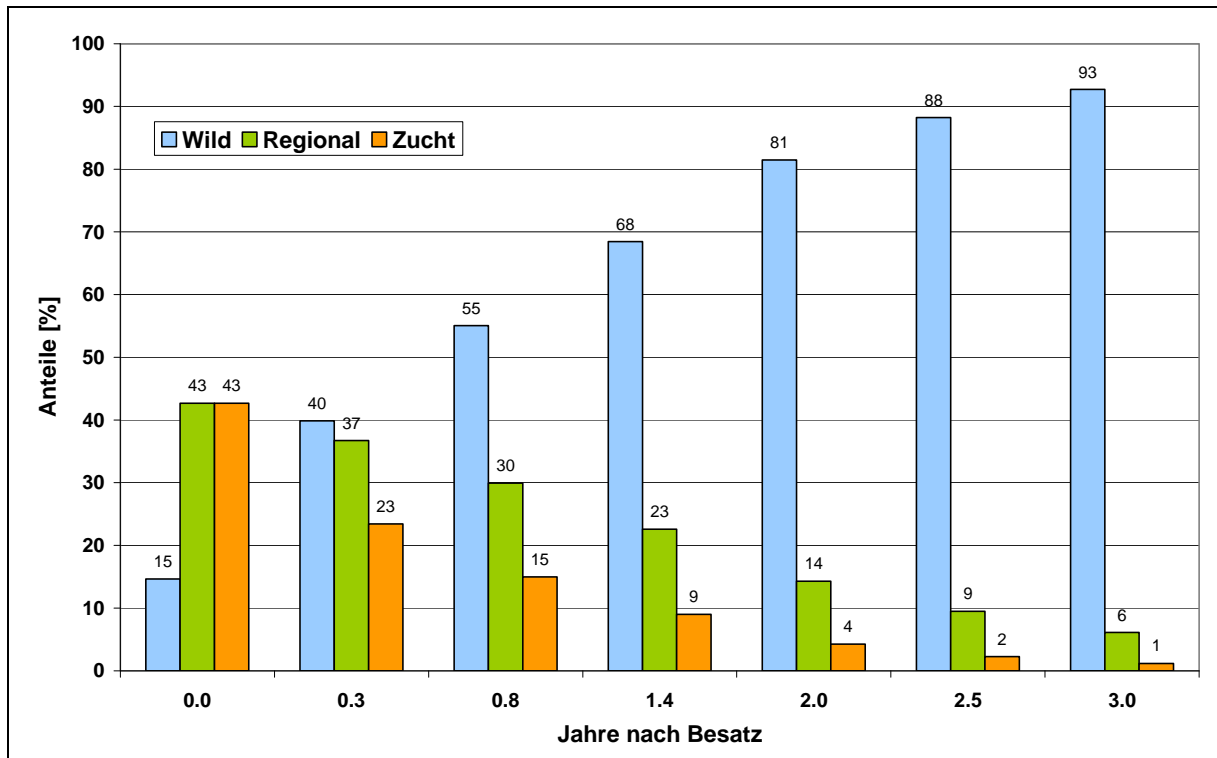
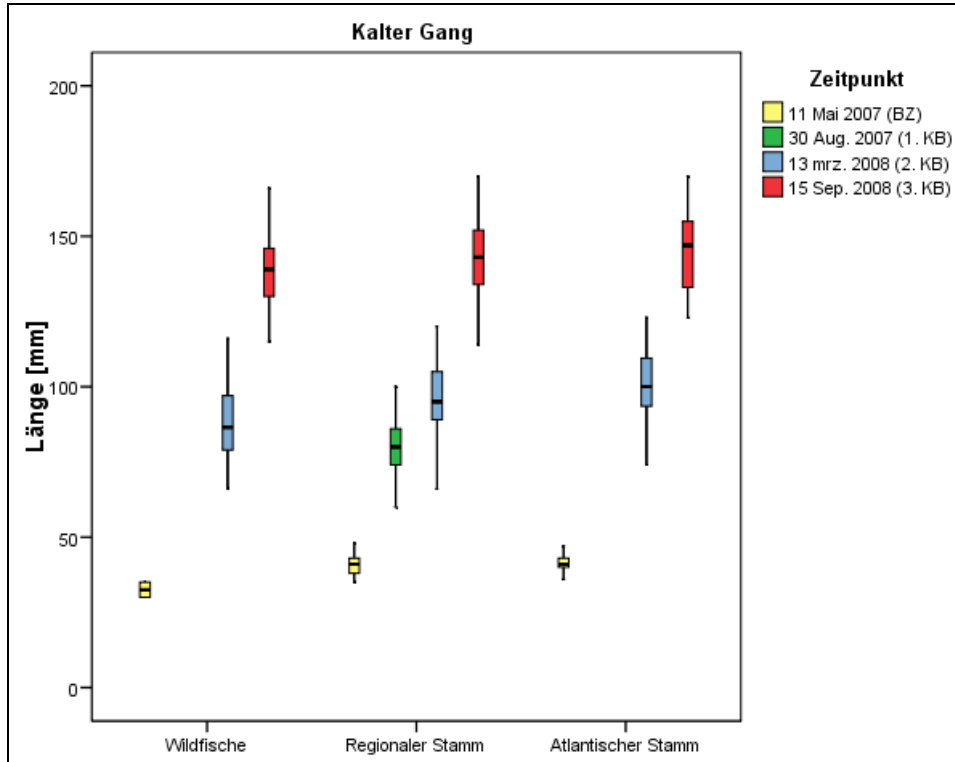
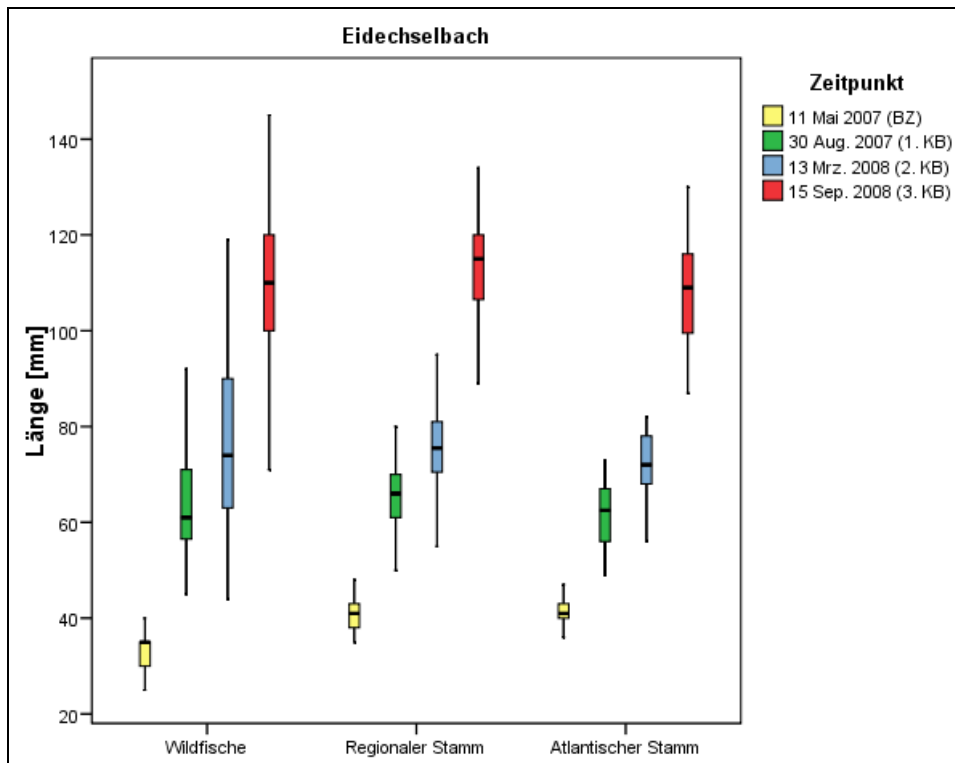


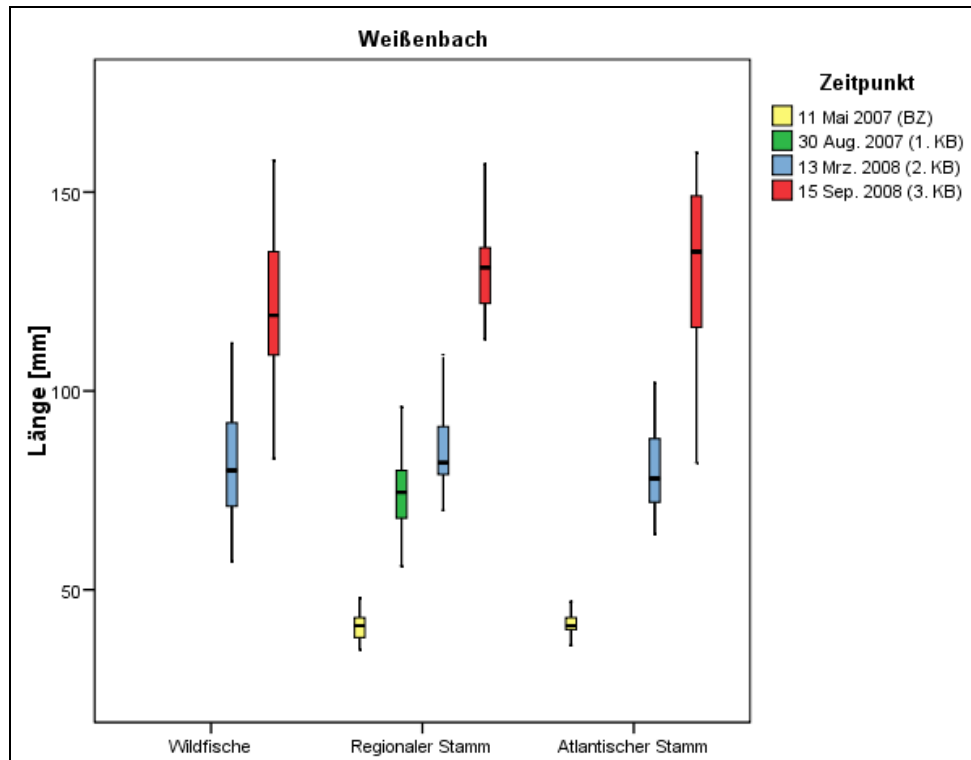
Abbildung 9: Anteile der Abkömmlinge des ,Wildfisch-, Regionalen- und Zuchtstammes im Eidechselbach vom Besatzzeitpunkt bis ins Jahr 3 nach dem Besatz; Extrapolation auf Basis der Überlebensraten bis zum Ende des Besatzversuchs (1,4 Jahre nach Besatz).

3.1.5.2 Wachstum

Während die Ergebnisse der Häufigkeitsanalysen auf deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stämmen schließen lassen, konnten bei der Analyse der zweiten Fragestellung dieses Versuchs, zum Einfluss unterschiedlicher Erbanlagen auf das Wachstum, nur einzelne signifikante Unterschiede gefunden werden. Aus Sicht des regionalen Stamms kann prinzipiell festgehalten werden, dass die Individuen in den Bächen Eidechselbach und Weißenbach zu jedem Zeitpunkt größer waren als die des Zuchtstammes (Abbildungen 10 und 12). Signifikante Größenunterschiede konnten jedoch im Eidechselbach nur zum ersten Termin und im Weißenbach nur zum dritten Termin festgestellt werden.

Im Kalten Gang waren die Fische des regionalen Stamms im Mittel kleiner, wobei beim zweiten Termin ein signifikanter Größenunterschied festgestellt wurde, welcher sich zum dritten Termin hin wieder reduzierte. Dementsprechend liegen keine einheitlichen Ergebnisse aus den drei Versuchsbächen vor. Diese Unterschiede in der Entwicklung in den Bächen sind vermutlich auf gewässerspezifische Faktoren zurückzuführen. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass es zwischen den Versuchsbächen nachweislich unterschiedliche Wachstumsentwicklungen gibt, diese aber keine statistische Signifikanz aufweisen und auf die abiotischen Bedingungen (v. a. Temp.) in den Bächen zurückzuführen sind (siehe Abbildung 13).





Abbildungen 10, 11 und 12: Box-Plot Diagramme zur Darstellung der mittleren Niveauunterschiede (Median, Quartilsabstände) der Fischlängen differenziert nach Versuchsbach und Fischstamm für den Besatzzeitpunkt (BZ) und die drei Befischungszeitpunkte (1. KB, 2. KB, 3. KB).

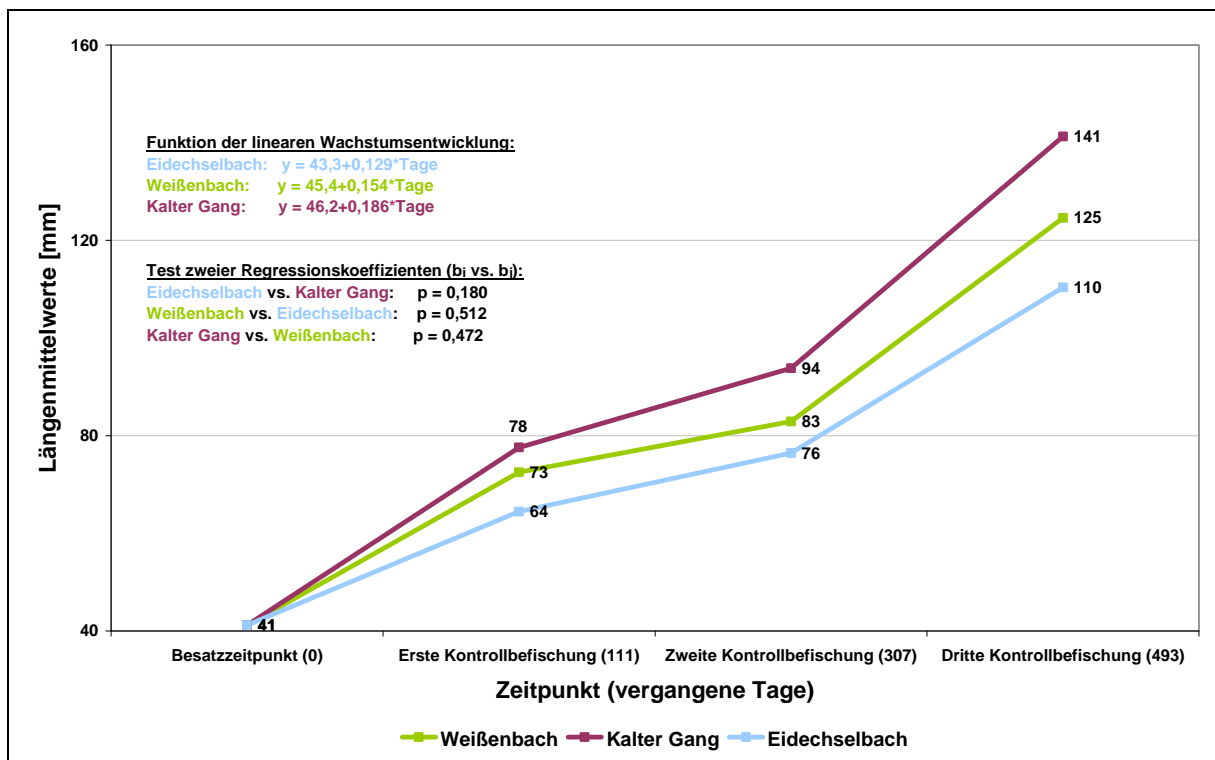


Abbildung 13: Mittlere Längen aller Fischstämme nach den Kontrollzeitpunkten aller Versuchsbäche. Die Entwicklung in den einzelnen Bächen lassen empirisch auffällige Wachstumsunterschiede erkennen, die aber nicht statistisch signifikant nachweisbar sind (vgl. Test des Vergleichs zweier Regressionskoeffizienten). Anhand der Regressionskoeffizienten kann abgelesen werden, dass für den

Eidechselbach in der Schrittfolge von 100 Tagen die Fische ca. 1,3 cm, im Weißenbach 1,5 cm und im Kalten Gang 1,9 cm wachsen.

Abschließend kann hinsichtlich des Wachstums gesagt werden, dass die Wachstumsleistung der drei verglichenen Stämme annähernd gleich ist und nur einzelne statistisch signifikante Unterschiede gefunden werden konnten, dass aber das Wachstum von Bachforellen in den drei Gewässern deutlich unterschiedlich ist, wobei eine klare Abhängigkeit vom Temperaturregime gegeben ist (Kaufmann 2009).

3.2 Besatzversuch 1+

3.2.1 Einleitung und Fragestellung

Nachhaltige Hege- und Renaturierungsmaßnahmen zum Erhalt heimischer Fischpopulationen und deren genetischer Vielfalt bedürfen zeitgemäßer Bewirtschaftungskonzepte. Hierzu zählt unter anderem die Entwicklung geeigneter Zuchtprogramme, mit dem Ziel des unterstützenden Besatzes. Basierend auf der Tatsache, dass konventionelle Zuchtmethoden hohe Ausfallraten im Besatzversuch zur Folge haben, die neben genetischen Defiziten vor allem auf verhaltensbezogene und physiologische Mängel von Fischen aus Zuchtumwelten zurückzuführen sind (vgl. Literaturstudie), wurde in diesem Versuch geprüft, welchen Einfluss Haltung Unterschiede in Fischzuchten auf Erfolg bzw. Misserfolg von Fischbesatz haben.

Der im Folgenden beschriebene Versuch zielt ebenfalls auf den vorher formulierten Erfolgsfaktor für Fischbesatz (a) ab (siehe Seite 6): Besatzfische überleben und entwickeln sich im Gewässer. Ziel des 0+ Versuchs war es, die Bedeutung der genetischen Abstammung für den Erfolg von Bewirtschaftungsmaßnahmen zu eruieren. In der zweiten Teilstudie, dem 1+ Versuch galt es nun, naturnahe Aufzuchtmethoden anzuwenden, deren Einfluss auf das natürliche Verhalten und die Physiologie der Fische möglichst gering ist und mit konventionell in Rundbecken aufgezogenen Fischen zu vergleichen. Um den Gradienten zwischen naturferner Aufzucht (Rundbecken) und natürlicher Aufzucht (Aufzuchtbach) besser abzustufen, wurde auch eine „semi-natürliche“ Aufzucht in einer Fließrinne versucht; eine Methode, die sozusagen zwischen konventioneller und natürlicher Aufzucht arbeitet.

Das vorliegende Experiment konzentriert sich wiederum primär auf die Parameter Wachstum und Mortalität der unterschiedlich vorgezogenen und besetzten Fische. Diese Parameter können schließlich als Indikatoren dafür herangezogen werden, wie gut die Individuen mit den natürlichen Bedingungen im Fließgewässer zurechtkommen. Die zentralen Hypothesen zu diesem Besatzexperiment lauten:

***Unter natürlichen Bedingungen aufgewachsene Besatzfische weisen
(1) höhere Überlebensraten und
(2) höhere Wachstumsraten auf, als konventionell gezüchtete Individuen.***

Um diese Hypothese prüfen zu können, wurde die Brut eines regional angepassten Bachforellenstamms unter drei unterschiedlichen Aufzuchtbedingungen über den Zeitraum von einem Jahr vorgestreckt, um dann als einjährige (1+) Forellen besetzt zu werden. Die angewandten Aufzuchtmethoden umfassen:

- die konventionelle Aufzucht in Rundbecken
- eine seminatürliche Methode in einem nachgebauten Gewässerabschnitt (Fließrinne) und
- die Aufzucht in einem natürlichen Gewässerabschnitt (Naturbach).

Besetzt wurden die vorgestreckten Individuen schließlich in drei Bächen des Ybbs-Einzugsgebiets; dem Göstlingbach, dem Lackenbach und dem Oberen Lunzer Seebach (siehe Abbildung 20).

3.2.2 Herkunft der Versuchsfische, Aufzucht

Um Aussagen über aufzuchtsbedingte Unterschiede in der Entwicklung und dem Überleben der Forellen treffen zu können, mussten die Individuen gleicher Abstammung sein. Für die Gewinnung der Versuchsfische wurden im Dezember 2005 aus dem Unteren Lunzer Seebach Mutterfische entnommen. Die Elttiere entstammen einer an die lokalen Bedingungen angepassten und selbst reproduzierenden Population, die seit mehreren Jahren von Besatz unbeeinflusst ist. Die laichreifen Fische wurden abgestreift und die Eier aufgelegt. Insgesamt konnten so 15.000 juvenile Bachforellen für den Versuch gewonnen werden.

Die Brütlinge wurde bis Juni 2006 in Rundbecken vorgestreckt und im Anschluss daran ein Jahr lang in drei unterschiedlichen Lebensräumen herangezüchtet.

Aufzucht in Rundbecken

Die Rundbecken für diesen Versuch wurden von der Fischzucht Kupelwieser bereitgestellt und betreut. Die Forellen wurden zu regelmäßigen Zeiten mittels eines Futterautomaten mit konventionellem Fischfutter (Pellets) gefüttert. Gespeist wurden die Rundbecken mit Wasser des Oberen Lunzer Seebachs. Das Fassungsvermögen der Becken liegt bei ca. 1,75 m³

Aufzucht in der Fließrinne

Auf dem Gelände der Fischzucht Kupelwieser wurde im Mai 2006 eine ca. 60 m lange und 4 m breite Fließrinne angelegt. Die Ausgestaltung der Rinne erfolgte nach Vorgaben, die aus der internationalen Literatur entnommen wurden. Die Rinne wird, je nach natürlichem Wasserdargebot mit Wassermengen von ca. 50 bis 300 l/s dotiert. Durch verschiedene strukturgebende Einbauten sind die Fließgeschwindigkeiten in der Rinne heterogen, es herrschen aber entlang des gesamten Verlaufs strömende Verhältnisse vor. Am Einlauf, wo auch die höchsten Fließgeschwindigkeiten herrschen, ist ein konventioneller Futterautomat installiert, der in unregelmäßigen Intervallen unterschiedliche Futtermengen in die Fließrinne abgibt. Das Futter wird mit der Strömung verdriftet, die Jungfische müssen sich das Futter somit aus der Drift holen. Durch die Ausgestaltung der Gerinnesohle mit natürlichem Schottermaterial aus dem Lunzer Seebach wird das Aufkommen von Naturnahrung gefördert, sodass die Jungfische, neben dem Kunstfutter, auch von klein auf an Naturnahrung gewöhnt werden. Durch Einbauten wie Wurzelstöcke oder größere Steine ist es den Bachforellen möglich, Deckung und Sichtschutz zu finden. Auch die Ausbildung von natürlichen sozialen Dominanzstrukturen bzw. Hierarchien sollte durch die Einbringung der Strukturen unterstützt werden. Ein Teil der Fließrinne wurde mit einem Tarnnetz überspannt, womit ein 6 m langer Bereich des Gerinnes annähernd vollständig beschattet wurde und natürliche überhängende Vegetation nachgeahmt werden konnte (Abbildungen. 14 und 15).



Abbildungen 14 und 15: Mit Wurzelstöcken, Flussschotter und einem Tarnnetz ausgestaltete Fließrinne

Aufzucht im Naturbach (Winkelbach)

Von der Rothschild'schen Forstverwaltung Langau wurde für das Projekt Troutcheck gestattet den Winkelbach, einen rechtsufrigen Zubringer zur Ois flussauf von Lunz am See, als Aufzuchtbach zu nutzen (Abbildung 16 und 17). Der Bachlauf weist keine anthropogenen Eingriffe auf und bietet juvenilen Bachforellen ausreichend Lebensraum. Mit einer durchschnittlichen Breite von ca. 5 m ist er methodisch gut zu bearbeiten. Die im Winkelbach aufwachsenden Fische wurden nicht gefüttert, sondern waren ausschließlich auf das vorhandene Naturfutter angewiesen.

Vor dem Besatz in den Winkelbach wurde der Wildfischbestand aus dem Bach entfernt. Es wurden ca. 400 Bachforellen abgefischt und ca. 2,5 km flussab in die Ybbs besetzt. Die Wildfische wurden entfernt, um einerseits den jungen Besatzfischen konkurrenzfreie Bedingungen zu bieten und keine Fressverluste von größeren Wildfischen zu ermöglichen, andererseits war es auch nötig die natürlich reproduzierten Bachforellen des ersten Jahrganges zu entfernen, um zu garantieren, dass weitgehend alle später gefangenen Forellen aus dem Besatz stammen.



Abbildungen 16 und 17: Winkelbach

3.2.3 Versuchsgewässer – Studiendesign

Markierung der Versuchsfische:

Um die Fische der drei Aufzuchtarten nach dem Besatz weiterhin unterscheiden zu können, mussten sie markiert werden. Dazu wurden die Methode mit einem „Visible Implant Elastomer“ vom Hersteller Northwest Marine Technology gewählt. Bei dieser Markierung handelt es sich um eine nicht individuelle Markierung, wobei den Fischen ein Elastomer entweder hinter dem Auge oder am Kopf injiziert wird (Abbildungen 18 und 19).



Abbildungen 18 und 19: Markieren der Fische hinter dem Auge (links) und am Kopf (rechts).

Vorversuch zur Markierungsmethodik

Um die Haltbarkeit der Marken zu überprüfen, wurde im Vorfeld in der Versuchsanlage der Fischzucht Füsselberger ein Markierungsversuch durchgeführt. Dazu wurden jeweils 100 Fische mit drei Farben (rot, weiß, pink) markiert und gesondert gehalten. Die insgesamt 400 Fische (incl. 100 Individuen einer Kontrollgruppe) wurden über einen Zeitraum von zwei Monaten gehalten. In diesem Zeitraum wurden die Sichtbarkeit und das Vorhandensein der Marken zweimal kontrolliert. Die Markierung erwies sich dabei als gut sicht- und haltbar.

Die Versuchsbäche

Grundsätzlich mussten die Versuchsgewässer der Forellenregion zuordenbar sein und somit in Punkto Nahrungsangebot, Temperaturregime und Abflussverhältnisse den natürlichen Ansprüchen der Bachforellen entsprechen. Ein weiteres wichtiges Kriterium war es, Gewässer zu wählen, deren hydrochemische Eigenschaften mit jenen der Aufzuchtanlagen bzw. dem Ursprungsgewässer der Zuchtfische (Unterer Lunzer Seebach) vergleichbar sind. Letztendlich kamen aufgrund dieser Kriterien, sowie aus logistischen Gründen, Gewässer des Einzugsgebiets der Ybbs bzw. Ois (Obere Ybbs) in Frage.

Die Habitatausstattung der Versuchsgewässer sollte untereinander möglichst heterogen sein und in ihrem grundsätzlichen Charakter typischen Laichgewässern der Bachforelle entsprechen. So wurde gewährleistet, dass Ergebnisse für Gewässertypen unterschiedlichen Charakters gewonnen werden. Ein letzter entscheidender Punkt bestand darin, dass die Gewässer von den Fischereiberechtigten zur Verfügung gestellt wurden und die fischereiliche Bewirtschaftung für die Dauer des Versuchs ausblieb. Schließlich konnten mit dem Lackenbach, dem Göstlingbach und dem Oberen Lunzer Seebach (OLSB) diesen Ansprüchen entsprechende Gewässer gefunden werden (Abbildung 20).

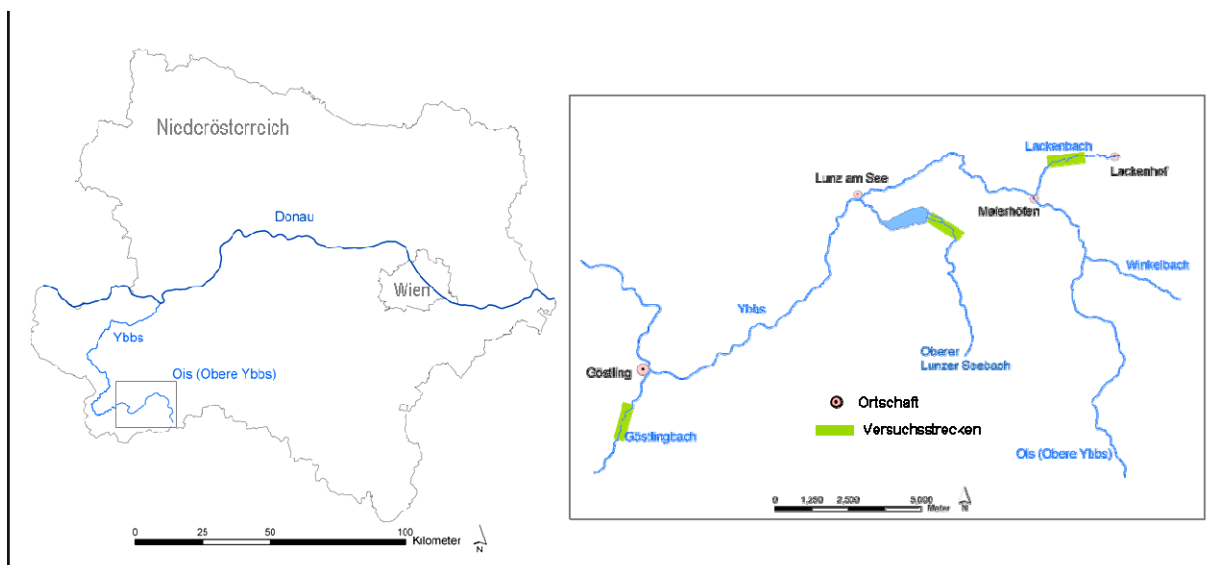


Abbildung 20: Lage des Untersuchungsgebiets in Niederösterreich im Einzugsgebiet der Ybbs

Hinsichtlich der fischereiwirtschaftlichen/fischökologischen Voraussetzungen unterscheiden sich die Versuchsgewässer wesentlich. Der Lackenbach wird seit vielen Jahren nicht mehr fischereilich genutzt und auch nicht besetzt, ist aber durch eine unüberwindbare Wehranlage vom Vorfluter Ois getrennt. Eine Einwanderung von Fischen in den Lackenbach ist nur bis zur Wehranlage möglich. Der Lackenbach ist über den gesamten Verlauf reguliert, wobei die Verbauung nicht hart ist und die Habitatqualität für die Bachforelle nicht wesentlich herabgesetzt wird. Der Göstlingbach hingegen wird vom fischereilichen Bewirtschafter (Österreichische Fischereigesellschaft gegr. 1880) als „Aufzuchtswasser“ verwendet, wobei darunter verstanden wird, dass im Abstand von einigen Jahren der Bach elektrisch ausgefischt wird und die Fische in die Ybbs besetzt werden. Im Jahr vor Beginn des Besatzversuchs wurde der Fischbestand aus dem Untersuchungsgebiet zum Teil entfernt.

Auch der Göstlingbach ist vom Vorfluter (Ybbs) durch mehrere Wehranlagen abgeschnitten und für Aufwanderer nicht erreichbar. Der Untersuchungsabschnitt im Göstlingbach ist nur stellenweise durch Regulierungen beeinträchtigt. Der Obere Lunzer Seebach wird fischereilich nicht genutzt und mündet in den Lunzer See. Die Bachforellenbestände im Seebach „kommunizieren“ mit dem See; die Möglichkeit zu Ein- und Auswanderung zwischen See und Seebach ist jederzeit gegeben, der Seebach dient auch als Laichgewässer für Bach- bzw. Seeforellen aus dem Lunzer See. Das Habitatangebot im Oberen Lunzer Seebach ist weitgehend natürlich, lediglich eine bei Niederwasser unüberwindbare Sohlschwelle reduziert die Habitatqualität dieses Baches.

Wie auch bei den Gewässern des 0+ Versuchs fand zunächst die Einteilung der Besatzstrecken statt. Da die Anzahl der wiedergefangenen Fische aus dem Winkelbach (natürliche Aufzucht) die maximale Besatzfischzahl für den Besatzversuch vorgab, wurden lediglich 2 Versuchsbäche (Lackenbach und Göstlingbach) analog zum 0+ Versuch in 5 Strecken besetzt. Das dritte Gewässer (Oberer Lunzer Seebach) wurde als eine Einheit betrachtet und mit den verbliebenen Fischen besetzt. Der für die Untersuchung herangezogene Abschnitt im OLSB beginnt bei der Seemündung und ist ca. 1 km lang.

Im Vorfeld wurde entschieden, die Länge der Teststrecken in Lacken- und Göstlingbach mit rund 100 m zu wählen. Zwischen den Teststrecken sollten rund 100 m lange Pufferstrecken liegen. Aufgrund morphologischer Gegebenheiten (Sohlstufen, etc.) wurden manche Teststrecken bzw. Pufferstrecken etwas länger gewählt. Anhand der alternierenden Einteilung (Teststrecke/Puffer) sollten etwaige Abwanderungstendenzen der Fische unterschiedlicher Aufzucht festgehalten werden.

Vor dem Besatz mit den Versuchsfischen wurden die zu Versuchsbeginn in Lacken- und Göstlingbach vorherrschenden Fischbestände quantitativ erhoben, im Oberen Lunzer Seebach wurde auf eine Bestandserhebung verzichtet.

Der Besatz der 1+ Fische fand Ende Mai bzw. Anfang Juni statt. Vor dem Besatz wurden nochmals bei allen Individuen das Vorhandensein und die Sichtbarkeit der Markierung kontrolliert. Bei schlecht sichtbarer oder nicht mehr vorhandener Markierung wurde nachmarkiert.

Die Versuchsgewässer wurden nach dem Besatz vier Kontrollbefischungen unterzogen. Wie auch beim 0+ Versuch sollte anhand der Kontrollbefischungen das Wachstum und die Mortalität der besetzten Fische über den Untersuchungszeitraum dokumentiert werden können. Bei den ersten drei Kontrollbefischungen wurden im Lackenbach bzw. Göstlingbach ausschließlich die Versuchsstrecken mit je einem Durchgang befischt. Beim vierten Kontrolltermin wurden im Lackenbach bzw. Göstlingbach zusätzlich zu den Versuchsstrecken auch die Pufferstrecken befischt bzw. jeweils eine bzw. zwei Strecken (Lackenbach) flussauf und flussab des Untersuchungsgebiets. Um die Fischbestände der Gewässer berechnen zu können, wurden die als Teststrecken ausgewiesenen Bereiche mit zwei Durchgängen beprobt.

Von den gefangenen Bachforellen wurden jeweils die Fischlänge und das Gewicht kontrolliert. Weiters wurde kontrolliert ob es sich um ein markiertes, sprich besetztes, Individuum handelt. Das Vorhandensein bzw. die Farbe der Markierung wurde ebenfalls ins Protokoll aufgenommen.

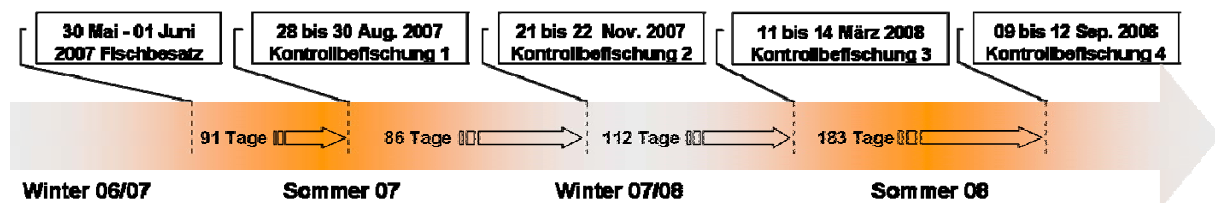


Abbildung 21: Zeitachse mit dem Besatztermin und den vier Kontrollbefischungsterminen

3.2.4 Ergebnisse des 1+ Besatzversuchs

3.2.4.1 Überleben

Wie schon vom 0+ Versuch bekannt, war es auch hier von Bedeutung, noch vor dem Besatz physiologische Unterschiede der Fische der drei Aufzuchtarten zu erkennen. Insgesamt hat sich aufgrund der Längenhäufigkeitsverteilung jedoch herausgestellt, dass alle Fische mit ungefähr derselben Größenverteilung in die Aufzuchtgewässer eingesetzt worden sind. Auch der Vergleich der Längen-Gewichts-Regressionen bzw. des gemittelten Konditionsfaktors der einzelnen Aufzuchtarten bestätigte diesen Eindruck. *Erwähnenswert ist an dieser Stelle, dass die Fische des Naturbachs (Winkelbach) zum Zeitpunkt der Abfischung den vitalsten Eindruck machten (weder Kiemendeckelverkürzungen noch Flossenschäden). Der Vitalität der Fische wird in der Fischereiwirtschaft (Fischzüchter, Bewirtschafter, Fischer) grundsätzlich große Bedeutung beigemessen. Ein gesunder „Gesamteindruck“ (Färbung, Flossen, etc) eines Fisches ist einer der entscheidendsten Faktoren im Verkauf bzw. Erwerb von Besatzmaterial (Pinter 2008).*

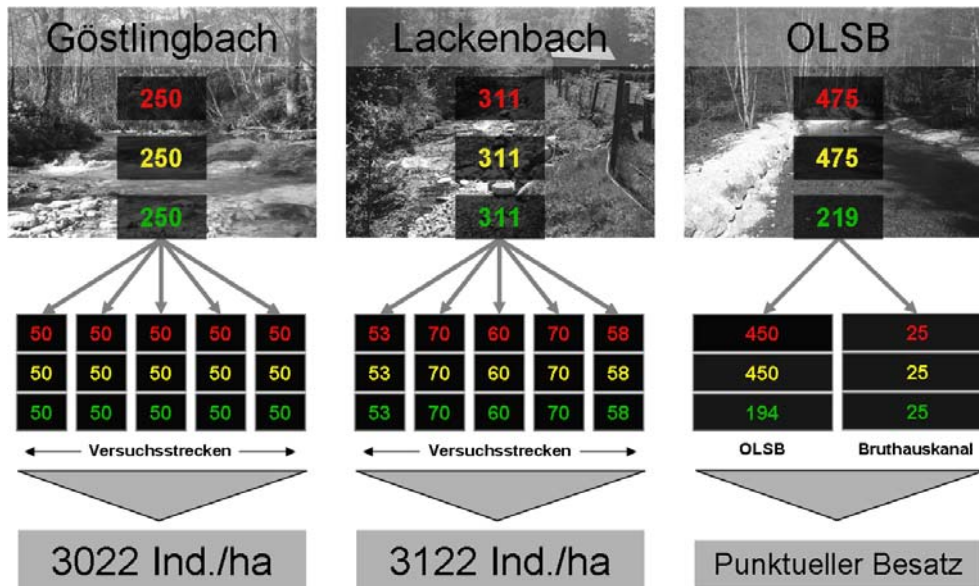


Abbildung. 22: Übersicht über die Anzahl der besetzten Fische pro Strecke und Gewässer. In ROT gefärbt sind die Individuen der Rundbecken, GELB sind die der Fließrinne und GRÜN sind die des Naturbachs (Winkelbach). Im Oberen Lunzer Seebach (OLSB) wurde auf eine Streckeneinteilung verzichtet.

Abbildung 22 zeigt das Besatzschema. Insgesamt wurden 2.852 Forellen in die drei Gewässer eingebracht. Ohne eine Trennung der Fische nach Aufzuchtart vorzunehmen, sind die Wiederfangraten in den einzelnen Bächen bzw. zu den einzelnen Terminen relativ homogen und haben eine maximale Schwankung von 8 %. Über den gesamten Versuchszeitraum hinweg nehmen die Wiederfangraten jedenfalls stark ab (Abbildung 23), wobei zwischen Besatzzeitpunkt und ersten Termin der stärkste Rückgang zu verzeichnen ist. Im Schnitt konnten beim ersten Termin nur mehr 26 % der Besatzfische in den Teststrecken gefangen werden. In weiterer Folge gingen die Fangraten vergleichsweise langsam aber konstant weiter zurück (11 % 2er Termin, 9 % 3er Termin, 8 % 4er Termin). Bei der letzten Kontrollbefischung wurden zusätzlich zu den Teststrecken auch noch die Pufferstrecken befischt. Durch den Fang markierter Individuen in den Puffern erhöhen sich die Wiederfangzahlen auf gesamt 388 Individuen (ca. 14 %) der ursprünglich 2852 besetzten Fische; 141 davon entfallen auf den Göstlingbach (entspricht rund 15 % des Besatzes), 146 auf den Lackenbach (entspricht ca. 19 %) und 101 auf den Oberen Lunzer Seebach (entspricht ca. 9 %).

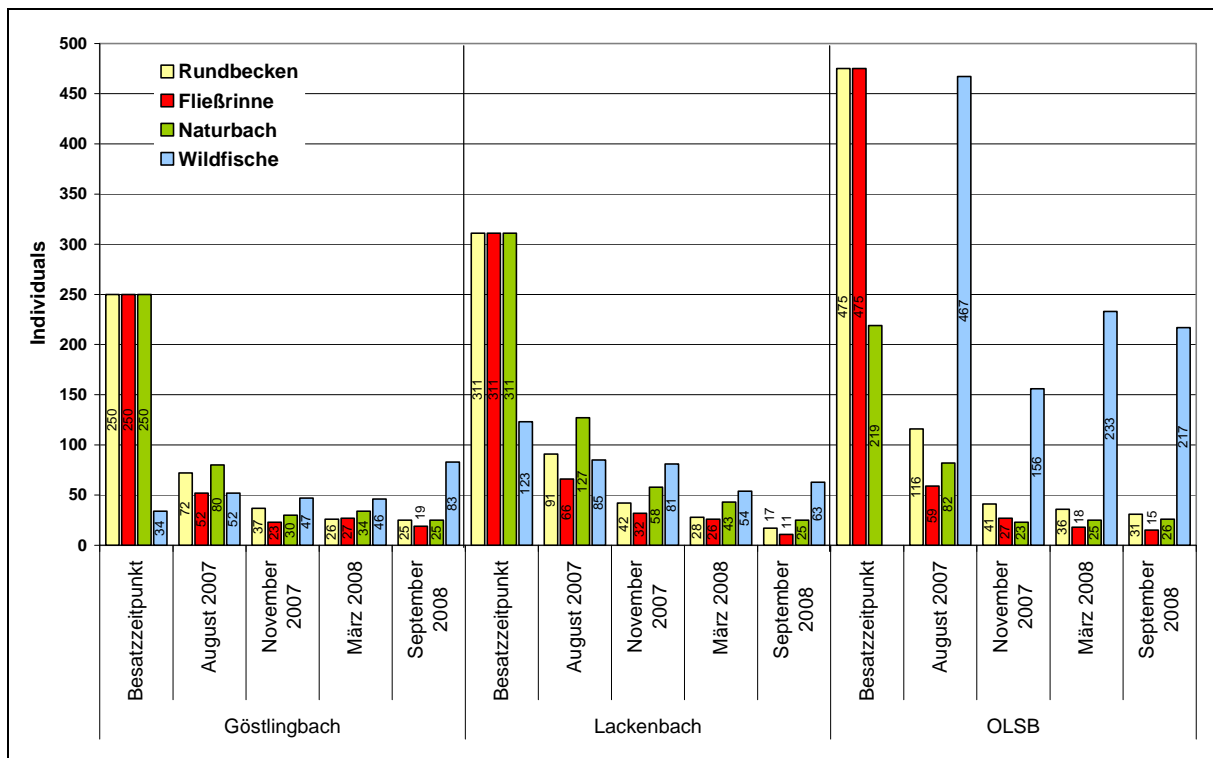
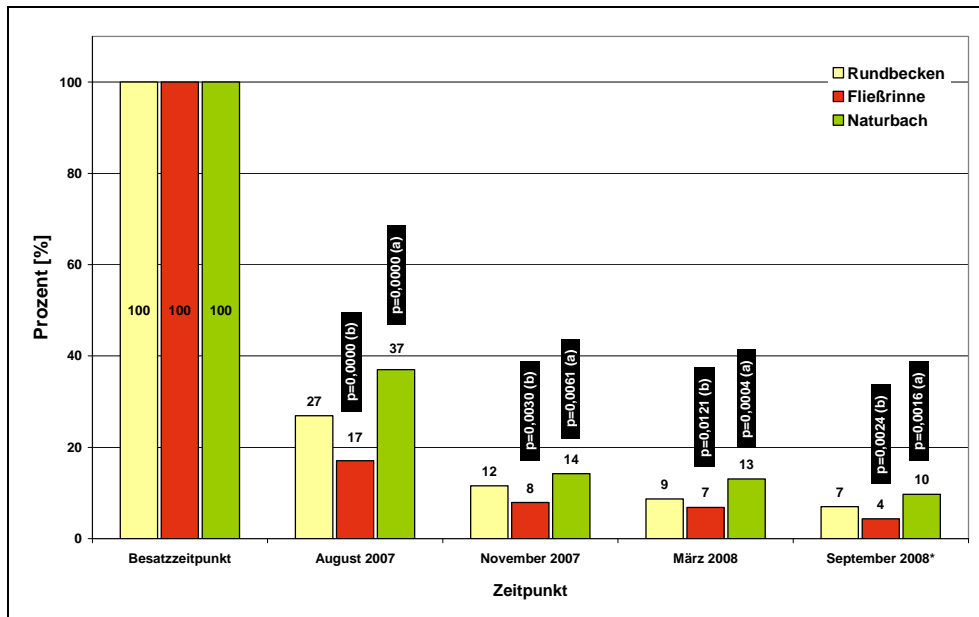


Abbildung 23: Anzahl der in den drei Versuchsbächen besetzten bzw. zu den Kontrollterminen in den Versuchsstrecken wiedergefangenen Besatzfische. Die Angaben zu den Wildfischen beziehen sich jeweils auf die Kohorte der 1+ Forellen bzw. zum Besatzzeitpunkt auf die Bestandserhebung (Mai 2007). * Berücksichtigt die Fänge beider Befischungsdurchgänge.

Fasst man die Ergebnisse aller Bäche hinsichtlich der Verteilung der einzelnen Aufzuchtarten zusammen, so ergibt der Residualtest bei einer Signifikanzschranke von $p=0,05$ für jeden Termin signifikante Unterschiede in der Verteilung (Abbildung 24). Die Forellen der Rundbeckenaufzucht entsprechen in ihrer Verteilung durchwegs dem angenommenen, theoretischen Anteil; die Fische der Fließrinne sind immer unterrepräsentiert und die des Naturbachs sind deutlich (statistisch signifikant) überrepräsentiert.



Anm.: (a) überrepräsentatives Ergebnis; (b) unterrepräsentatives Ergebnis

Abbildung 24: Anteile der Besatzfische aller Versuchsgewässer zu den einzelnen Terminen. * Berücksichtigt nur die Fänge des ersten Befischungsdurchgangs.

Die nach Bächen getrennte Betrachtung der Ergebnisse zeigt, wie bereits schon vom 0+ Versuch bekannt, dass es zu lokal spezifischen Entwicklungen kommt (vgl. Fuchshuber 2009). Insgesamt zeigt der Versuch, dass sich gerade in der ersten Phase nach dem Besatz besonders jene Individuen besser halten können, die bereits an die Bedingungen in einem natürlichen Fließgewässer angepasst sind. Dieser Trend, dass sich die Naturbachfische am besten etablieren konnten und die Fließrinnenfische die geringsten Überlebensraten zeigten, blieb über den gesamten Versuchsverlauf in allen Bächen aufrecht.

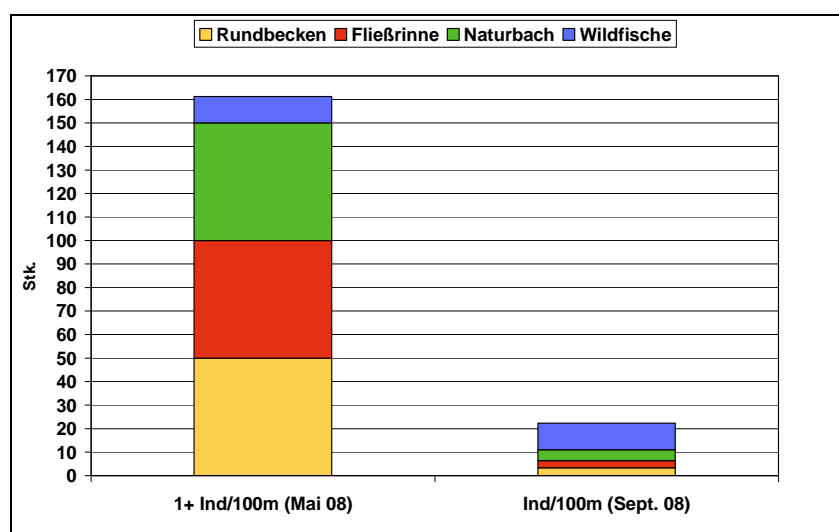


Abbildung 25: Anzahl der Besatzfische pro 100 m (AZA's) und des Bestandes zum Zeitpunkt des Besatzes bzw. der Bestandserhebung im Mai 2007 und bei der letzten Kontrollbefischung im September 2008 im Lackenbach. Werte sind Mittelwerte der Erhebung in den einzelnen Teststrecken.

Zur Einschätzung von Erfolg des Besatzes sind in Abbildung 25 die Individuendichten der drei Besatzgruppen sowie der Wildfische zu Versuchsbeginn im Lackenbach dargestellt (links); der rechte Balken zeigt die Verteilung der vier „Abstammungen“ zu Versuchsende (Sept. 2008). Daraus ist deutlich zu sehen, dass alle drei Besatzfischgruppen sehr deutlich zurückgehen, während die Wildfische annähernd konstant bleiben. Wie im 0+ Versuch ist auch hier die wesentlich bessere Performance der Wildfische extrem deutlich, und die oben beschriebenen Performance-Unterschiede zwischen den Besatzfischgruppen relativiert sich damit sehr. Zur weiteren Untermauerung der daraus abzuleitenden Kernaussage: Fischbesatz in Gewässern mit intakter Wildfischpopulation ist grundsätzlich fragwürdig, sind in den Abbildungen 26 bis 29 die Populationsstrukturen in Lacken- bzw. Göstlingbach vor Versuchsbeginn (Bestandsaufnahme) und zu Versuchsende dargestellt. Dabei ist klar zu sehen, dass die Besatzfische zwar in ihren Jahrgängen einen nennenswerten Anteil haben, dass aber einerseits die Wildfische auch den Besatzjahrgang dominieren und v. a. zwei starke Jahrgänge durch natürliche Reproduktion nachfolgen und der Besatz somit generell verzichtbar ist. Besonders erwähnenswert ist an dieser Stelle die selbstständige Erholung des Bestandes im Göstlingbach, nachdem die Abfischung der Forellen durch den Bewirtschafter während der Versuchsdauer unterblieben ist.

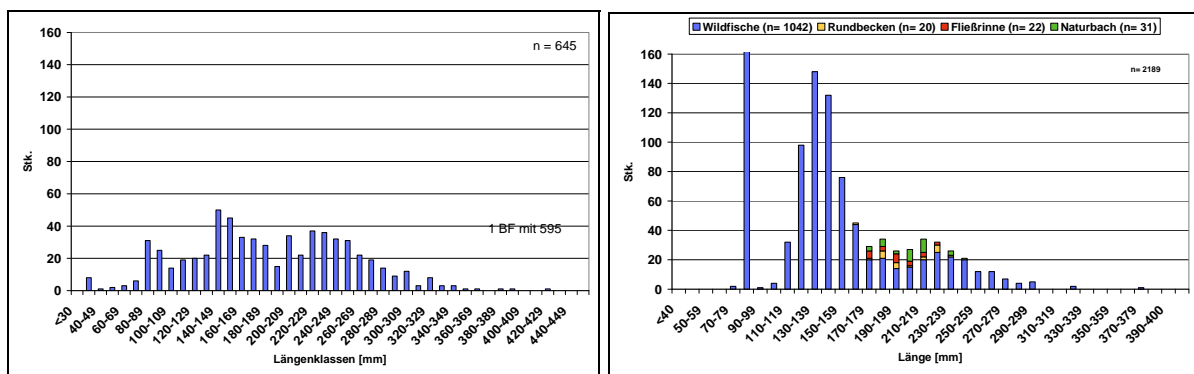


Abbildung 26 und 27: Längenhäufigkeiten vor dem Besatz (links) und Längenhäufigkeiten bei Versuchsende im Lackenbach.

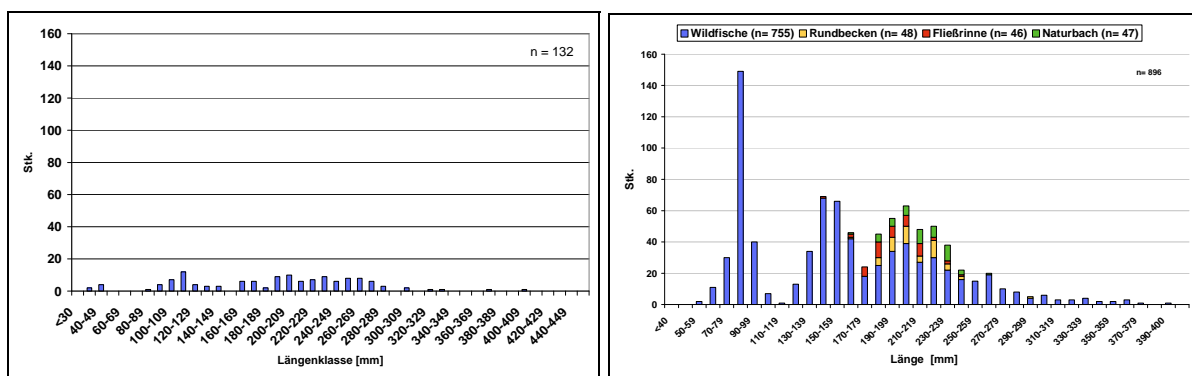


Abbildung 28 und 29: Längenhäufigkeiten vor dem Besatz (links) und Längenhäufigkeiten bei Versuchsende (rechts) im Göstlingbach.

Die Dominanz der Wildfische ist im Oberen Lunzer Seebach noch deutlicher als in Göstling- und Lackenbach zu sehen (Abbildung 30). Dort verschwinden die Besatzfische fast vollständig in der Masse an Wildfischen.

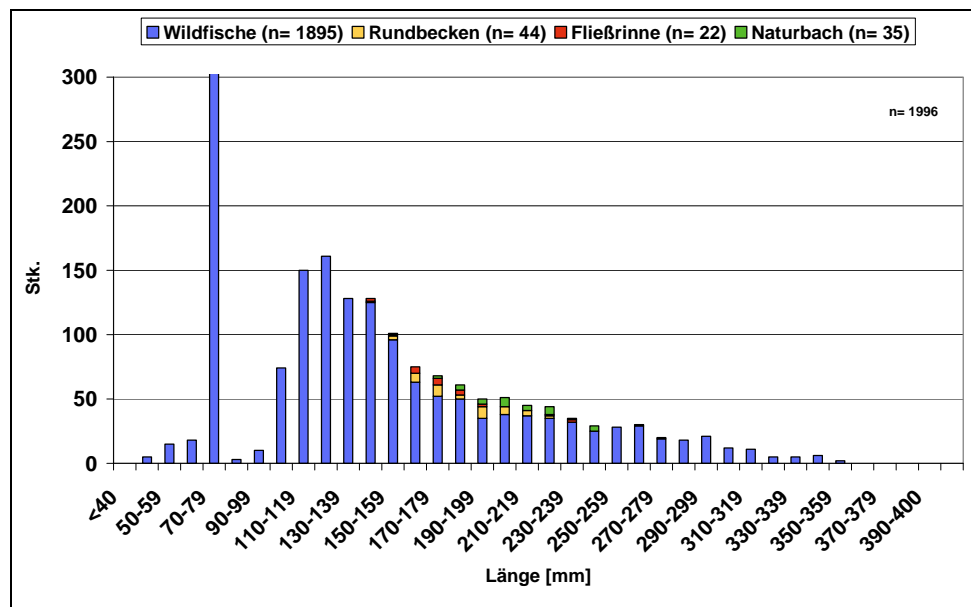


Abbildung 30: Längenhäufigkeiten im OLSB im September 2008 alle Strecken.

3.2.4.2 Wachstum

Vor dem Besatz der Versuchsfische aus den drei Aufzuchtgruppen wurde die Kondition der Fische bestimmt. Dabei zeigte sich, dass Fließrinnen- und Naturbachfische in allen Längensklassen eine relativ ausgeglichene Kondition zeigen. Bei den Rundbeckenfischen war die Kondition aber deutlich von der Fischlänge abhängig. Größere Individuen sind eindeutig in besserer Kondition als kleinere (Abbildung 31). Ein Umstand, der auf die Lebensumstände im Rundbecken zurückgeführt werden kann, wo bei dichter Haltung größere und aggressivere Fische besseren Zugang zum Futter haben.

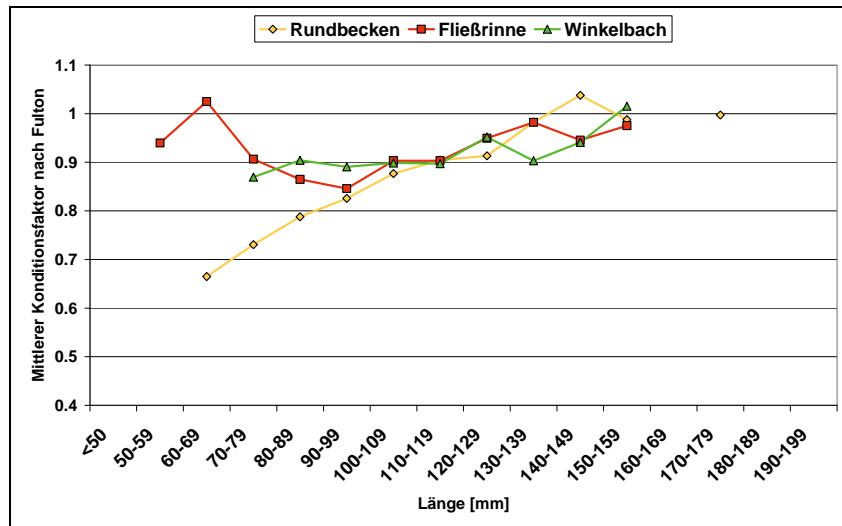


Abbildung 31: Mittlere Kondition nach Fulton vor dem Besatz in Abhängigkeit der Fischlänge

Wachstum und Kondition der Versuchsfische während des Versuchs unterschieden sich zwischen den einzelnen Aufzuchtarten nur marginal. Die Entwicklung der Kondition der Fische wurde mit einer Regressionsanalyse der Längen- und Gewichtsdaten statistisch geprüft, um eventuelle signifikante Unterschiede festzustellen. Die einzigen statistisch signifikanten Unterschiede konnten im Göstlingbach und Lackenbach in der Wachstumsperiode 2007 und im OLSB in der Wachstumsperiode 2008 festgestellt werden, wobei in der Periode 2007 die Rundbeckenfische eine höhere Kondition aufwiesen als die des Naturbachs und in der Periode 2008 die Kondition der Rundbeckenfische höher war als die beider weiteren Aufzuchtarten. Zur Veranschaulichung des Wachstums der drei Besatzfischgruppen und der Wildfische ist in Abbildung 32 der Obere Lunzer Seebach (OLSB) dargestellt. Der Verlauf ist in allen drei Versuchsgewässern annähernd gleich. Es fällt auf, dass die Naturbachfische sowohl an Anfang als auch am Ende des Versuchs im Mittel die Größten sind und die Fließrinnenfische die kleinsten. Offenbar bleibt ein gegebener Größenvorsprung als 1+ Individuum über die Versuchsdauer aufrecht und wächst sich nicht mit der Zeit aus, vergrößert sich aber auch nicht wesentlich.

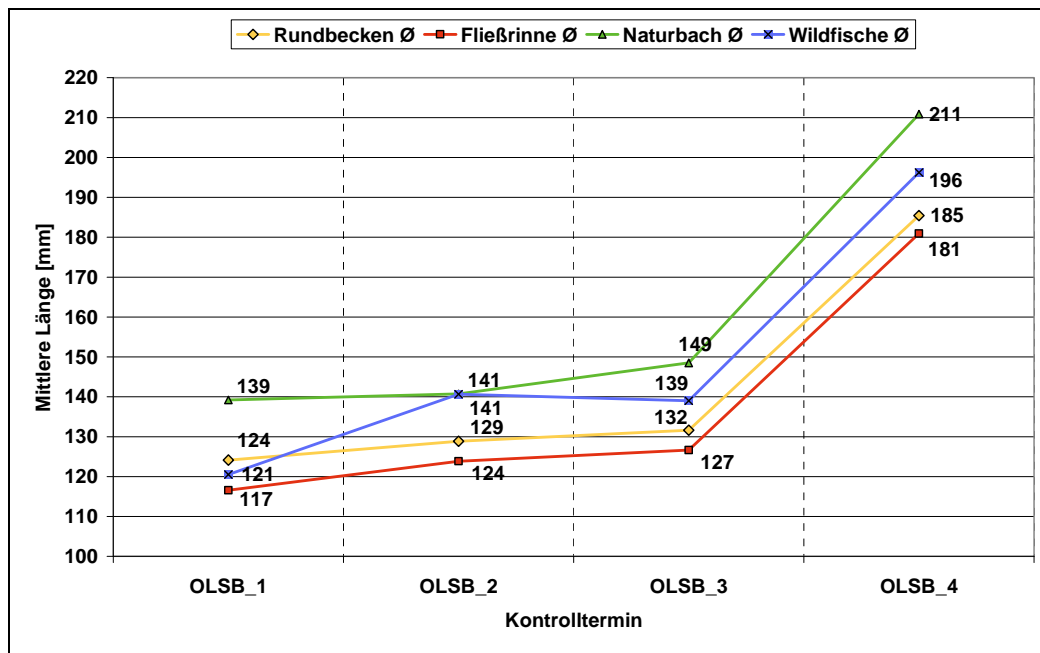


Abbildung 32: Mittlere Fischlängen der Aufzuchtarten im OLSB zu den einzelnen Kontrollbefischungsterminen.

Zusammenfassend können die zentralen Fragestellungen dieses Versuchs damit beantwortet werden, dass die natürliche Aufzucht konkurrenzstarke Individuen hervorbringt, die vor allem die erste Phase nach dem Besatz besser überdauern. Dies wird durch die höheren Wiederfangraten der Naturbachfische belegt. Die Erwartungen, die in eine naturnahe Aufzucht (Fließrinne) gesetzt wurden, konnten nicht erfüllt werden. Sowohl die Wiederfangraten als auch die mittleren Längen der Fließrinnenfische brachten schlechte Ergebnisse hervor. Eine umfassende Literaturrecherche zum Thema der naturnahen Aufzucht von Salmoniden zeigt, dass im Vergleich zur konventionellen Aufzucht generell positive Ergebnisse erzielt werden können (Pinter 2008). Entscheidend dafür ist jedoch die optimale Abstimmung der Aufzuchtbedingungen inklusive aller Umweltfaktoren sowie die Berücksichtigung der lokalen Anpassungen der Populationen an die Gewässer. Letztendlich kann der Schluss gezogen werden, dass sich Aufzuchteigenschaften die von den natürlichen Bedingungen abweichen und die Anpassungen an geografischen Charakteristika außer Acht lassen nachteilig auf den Besatzerfolg auswirken.

Weiters ist hervorzuheben, dass für diesen Versuch Nachkommen eines Wildfischstamms eingesetzt wurden, der sich seit mehreren Generationen an die lokalen Gegebenheiten im Ursprungsgewässer (Unterer Lunzer Seebach) anpassen konnte. Offenbar war es nicht möglich, diese Abkömmlinge einer natürlichen Population in einem Jahr durch dichte Rundbeckenhaltung derart zu verziehen, dass sie als Setzlinge auffällig schlechter abgeschnitten hätten. Die Anzahl der Rundbeckenfische war nach einem Jahr des Vorstreckens jedenfalls weitaus größer als bei den beiden anderen Aufzuchtmethoden. Somit war die Aufzucht im Rundbecken die kosteneffizienteste.

3.3 Conclusio Monitoring Studien

- Es wurde eine sehr gut funktionierende, kostengünstige und relativ einfach anzuwendende Methode zur Markierung von Augenpunkteiern der Bachforelle entwickelt, die sich auch für weiterführende Untersuchungen und die Bearbeitung anderer Fragestellungen eignet. Die Überprüfung auf Markierung ist allerdings zeitaufwendig und hätte ohne engagierte Mitarbeiter nicht derart reibungslos funktioniert.
- Obwohl beim 0+ Versuch sehr hohe Dichten (3,3 Ind./m²) in die Versuchsbäche zum weit geringeren Wildfischbestand besetzt wurden, hatten die Wildfische bereits dreieinhalb Monate nach dem Besatz einen hohen Anteil (32%) an der Stichprobe. Das bedeutet, dass die Ausfälle der Besatzfische kurz nach dem Besatz besonders hoch waren, bzw. Wildfische besonders konkurrenzfähig sind.
- Die Abkömmlinge des besetzten regionalen Stammes schnitten im 0+ Versuch hinsichtlich des Überlebens eindeutig besser ab, als die Fische des domestizierten Zuchtstammes. Aber beide Besatzfischstämme sind den Wildfischen haushoch unterlegen.
- Aus der Literaturstudie (siehe Kapitel 4) geht klar hervor, dass, wenn überhaupt, juvenile Stadien besetzt werden müssen. Die Ergebnisse der Monitoring Studien zeigen aber, dass auch der Besatz von Jungfischen keinerlei Erfolgsgarantie für Fischbesatz bietet, sondern der Erfolg von Besatz insgesamt zweifelhaft bleibt, wengleich im Rahmen von Troutcheck ausschließlich intakte Gewässerabschnitte besetzt wurden.
- In Gewässern, die intakte Lebensraumvoraussetzungen für Bachforellenpopulationen bieten, sollte Attraktivitäts- und Ertragsbesatz jedenfalls unterbleiben; wenn überhaupt, sollte in solchen Gewässern nur Initial- und Kompensationsbesatz durchgeführt werden, wobei ausschließlich genetisch integre Besatzfische verwendet werden sollen. Die Versuche zeigten auch, dass die Erholung von Beständen auch ohne Einbringen von Besatzfischen hervorragend funktioniert, wenn die Lebensraumverhältnisse passend sind.
- Der 1+ Versuch zeigte, dass die natürliche Aufzucht in einem Aufzuchtbach konkurrenzstarke Individuen hervorbringt, die v. a. die erste Phase nach dem Besatz besser überdauern als konventionell gezüchtete Fische.

- Hervorzuheben ist, dass für den 1+ Versuch Nachkommen eines Wildfischstamms eingesetzt wurden. Offenbar war es nicht möglich diese Abkömmlinge einer natürlichen Population in einem Jahr durch dichte Rundbeckenhaltung derart zu verziehen, dass sie als Setzlinge auffällig schlechter abgeschnitten hätten. Offen bleibt, ob sich ein anderes Bild gezeigt hätte, wenn für den Versuch Nachkommen eines domestizierten Zuchtstammes verwendet worden wären; diese Frage sollte in einem weiteren Versuch abgeklärt werden.
- Hinsichtlich des Wachstums treten in beiden Versuchen kaum Unterschiede zwischen den Besatzfischen auf, auch Unterschiede zu den in den einzelnen Gewässern vorhandenen Wildfischen werden kaum gefunden. Zwischen den Gewässern wurden aber deutliche Wachstumsunterschiede festgestellt, die v. a. von der Wassertemperatur abhängig sind.

4. Literaturstudie

4.1 Auswirkungen der Umweltbedingungen in Fischzuchten

Künstliche Aufzuchtbedingungen in Fischzuchten sind in der Regel nicht mit den komplexen Bedingungen in freier Wildbahn vergleichbar. Unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, heterogene Substratverteilungen oder vielfältige Strukturen (Totholz, überhängende Vegetation, Monolithe, aquatische Vegetation, etc.) existieren in typischen Aufzuchtanlagen nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß. Die Abwesenheit von Fressfeinden, die Aufnahme von Nahrung und die Dichte der Aufzucht sind weitere Parameter, die eine klare Abgrenzung künstlicher und natürlicher Milieus verlangen. Darüber hinaus differieren in der Regel Eigenschaften wie Wassertemperatur oder Wasserchemie zwischen den Aufzuchtanlagen und den Gewässern, in die gezüchtete Fische letztendlich eingesetzt werden. Die Summe bzw. Interaktion dieser Faktoren ist dafür verantwortlich, dass Zuchtfische, je länger sie in der künstlichen Umwelt einer Fischzucht gelebt haben, weder mit Fressfeinden, den vielfältigen Strömungsmustern oder dem strukturellen Angebot umzugehen wissen, geschweige denn über das nötige Wissen zur Aufnahme von Nahrung oder dem „wirtschaften“ mit Energieressourcen verfügen (vgl. AQUAWILD 2002, Maynard et al. 2004, Holzer et al. 2004). Ihr Verhalten aber auch ihre phänotypischen Eigenschaften können sich aufgrund der künstlichen Aufzuchtbedingungen dermaßen verändern, dass die Aussichten in freier Wildbahn zu überleben, entsprechend gering sind.

4.1.1 Einflüsse auf den Phänotyp

Aufzuchtbedingungen bringen erhebliche Beeinflussungen des Phänotyps mit sich. Erscheinungsbilder wie erhöhte Korpulenz, reduzierte Kopflängen oder reduzierte Flossen werden in diesem Zusammenhang angesprochen (Fleming et al. 1994, Flagg et al. 2000, Einum & Fleming 2001, Lahnsteiner & Jagsch 2005, Hill et al. 2006). Die konstante Fütterung mit Kunstfutter wirkt sich beispielsweise auf Körperform und Wachstum aus. Hohe Fischdichten, konstante Strömungsgeschwindigkeiten sowie mechanische Schäden werden zu den Ursachen für verkümmerte Flossen gezählt (Einum & Fleming 2001, Lahnsteiner & Jagsch 2005). Reduzierte Schwimmleistung bzw. Manövrierfähigkeit resultieren aus degenerierten Flossen und ungeeigneten Körperformen. Ganz generell werden morphologische Abweichungen von Wildfischen als Faktoren gesehen, die die Leistungsfähigkeit und in Konsequenz auch die Fitness der Individuen negativ beeinflussen (Einum & Fleming 2001, Weber & Fausch 2003).

Zusätzlich zu morphologischen Beeinträchtigungen weisen gezüchtete Fische im Vergleich zu natürlich heranwachsenden Individuen eine geringere Variabilität individueller Charakteristika auf. Zurückgeführt wird dies auf die homogenen Bedingungen in

Zuchtanlagen (Taylor 1986). Verglichen mit Zuchtanlagen wachsen Fische in ihrem natürlichen Lebensraum, unter anderem bedingt durch die filternde Wirkung des Ufergehölzsaums, in einer komplexen Umwelt aus Licht und Schatten auf, welche sich beispielsweise in der vielfältig kolorierten Gewässersohle widerspiegelt. Fische besitzen die Fähigkeit sich diesem diversen Umfeld farblich anzupassen. Diese als Camouflage bzw. Krypsis bekannte Eigenschaft wird als Schutzmechanismus gegen Fressfeinde und andere Bedrohungen eingesetzt (Donelly & Whoriskey 1991 in: Weber & Fausch 2003). Monochrome Aufzuchtbecken werden für minder ausgeprägte Fähigkeiten zur Camouflage verantwortlich gemacht, was wiederum zur Folge hat, dass künstlich gezüchtete Fische gegenüber Fressfeinden verwundbarer sind als Wildfische (Maynard et al. 1996).

4.1.2 Einflüsse auf das Verhalten

Die Bedeutung der Aufzuchtumwelt spiegelt sich auch in ihrem Einfluss auf die Ausprägung von Verhaltensmustern wider. Gemäß Flagg et al. (2000) können abweichende Verhaltensmuster bei Zuchtfischen bereits im Laufe der Inkubationsphase der Eier verursacht werden. So wird das Fehlen von Substrat sowie helle Lichtverhältnisse während der Inkubationszeit nicht nur für verringerte energetische Effizienz der Larven und geringeres Größenwachstum verantwortlich gemacht, sondern auch für anormale Verhaltensmuster (Poon 1977, Leon and Bonney 1979, Mighell 1981, Murray and Beacham 1986, Fuss and Johnson 1988 in: Flagg et al. 2000). Auch die an die Inkubationszeit anschließenden Aufzuchtbedingungen fördern veränderte Verhaltensweisen. Besonders die folgenden drei Verhaltensaspekte werden beeinflusst:

- (I) Aggressionsverhalten
- (II) Nahrungsaufnahme
- (III) Fluchtverhalten

(I) Aggressionsverhalten

Zahlreiche Untersuchungen zur Aggressivität künstlich gezüchteter Fische dokumentieren veränderte Verhaltensmuster bei Zuchtfischen. Die Ergebnisse dieser Studien sind mitunter jedoch sehr unterschiedlich. Gemäß Einum & Fleming (2001) ergab ein Vergleich mehrerer wissenschaftlicher Arbeiten, dass künstliche Zuchtbedingungen in den meisten Fällen erhöhte Aggressivität zur Folge haben (siehe auch Weber & Fausch 2003). Die gesteigerte Aggressivität wird vorwiegend auf die Umweltfaktoren, Aufzuchtdichte und das Fütterungsregime zurückgeführt. Bezüglich der Aufzuchtdichte gehen Wissenschaftler weiters davon aus, dass die Entwicklung sozialer Strukturen unterdrückt wird, was sich wiederum in Form von erhöhter Aggressivität nach dem Besatz ausdrückt (Weber & Fausch 2003).

Untersuchungen, die sich mit den Auswirkungen künstlicher Selektion (Domestizierung) auf das Aggressionsverhalten beschäftigen, lassen den Schluss offen, ob es zu einer Zu- oder Abnahme der Aggressivität kommt. Versuchsreihen von AQUAWILD (2002) lassen vermuten, dass es im Zuge der genetischen Selektion zu einer Zunahme von Aggressivität kommt. Im Unterschied zu den Ergebnissen von Einum & Fleming (2001) konnte hinsichtlich der Umweltfaktoren eine Abnahme der Aggressivität festgestellt werden. AQUAWILD (2002) geht davon aus, dass die Effekte der Aufzuchtumwelt jene der genetischen Selektion aufheben.

Unter den Experten herrscht jedoch Einigkeit, dass die genauen Ursachen für verändertes Aggressionsverhalten noch nicht vollständig geklärt werden konnten. Weitere Untersuchungen wären nötig, um die kausalen Zusammenhänge zwischen Fütterung, Wachstum, Körpergröße, Aggressivität und Dominanz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Selektionsregime klären zu können (Einum & Fleming 2001). Weber & Fausch (2003) betonen in diesem Zusammenhang auch die Rücksichtnahme auf altersstadienspezifische Unterschiede im Aggressionsverhalten.

Auch im Territorialverhalten (agonistisches Verhalten) konnten künstlich gezüchteten Fischen veränderte Verhaltensweisen nachgewiesen werden. Metcalfe et al. (2003) halten fest, dass Zuchtfische keine Erfahrung mit der Verteidigung von Territorien haben und es dadurch zu einem falschen Einsatz von Aggressivität kommt. Dieses Fehlverhalten führt im Fall von Territorialkämpfen zu gehäuften Niederlagen der Zuchtfische. Bachman (1984) konnte außerdem nachweisen, dass selbst wenn territoriale Kämpfe von Zuchtfischen gewonnen wurden, diese ihr gewonnenes Territorium wieder aufgaben und zwischen unterschiedlichen Territorien häufig hin und her wechselten (siehe auch Weber & Fausch 2003); ein für Wildfische untypisches Verhalten. Bohlin et al. (2002) führen letztendlich erhöhte Mobilität und den damit verbundenen Energieverbrauch auf diese Verhaltensmuster zurück.

Die Unterschiede im agonistischen Verhalten werden primär auf die hohen Aufzuchtdichten zurückgeführt (Fenderson et al. 1968, Fenderson & Carpenter 1971 in: Flagg et al. 2000). In diesem Zusammenhang wird besonders der frühen Zuchtphase Bedeutung beigemessen (Metcalfe et al. 2003).

(II) Nahrungsaufnahme

Eine der häufigsten Todesursachen bei Besatzfischen ist das Verhungern. Zurückgeführt wird dies auf die mangelhafte Entwicklung der nötigen Verhaltensweisen, die für eine erfolgreiche Nahrungsaufnahme nötig wären (vgl. Johnson et al. 1996, Maynard et al. 1996; Elliott 1975, Olla et al. 1998 in: Weber and Fausch 2003). Zuchtfische sind beispielsweise aufgrund künstlicher Futtermittel nicht mit dem natürlichen Nahrungsangebot vertraut; dazu gehört auch die Kenntnis entsprechender visueller bzw. chemischer (olfaktorischer) Reize. Abgesehen davon, dass nur sehr wenig bis gar keine Nahrung aufgenommen wird, konnte

auch dokumentiert werden, dass unverdaubare Stoffe aufgenommen werden (Olla et al. 1996, Flagg et al. 2000).

Ein weiteres Hindernis für die erfolgreiche Nahrungsaufnahme besteht darin, dass die Fähigkeit, Lebendnahrung erfolgreich nachzustellen, in Zuchtbetrieben nicht verlangt und daher auch nicht erlernt wird (AQUAWILD 2002). Dabei spielen auch Zeitpunkt und Ort der Nahrungsaufnahme eine wichtige Rolle. Zuchtfische suchen im Vergleich zu Wildfischen unergiebigere Nahrungshabitate auf bzw. sind sie auch nicht mit der zeitgebundenen Verfügbarkeit gewisser Nahrungsressourcen vertraut, sondern eher an fixe Zeiten und Intervalle zur Nahrungsaufnahme gewöhnt. Die Nahrungsaufnahme wird also aufgrund mehrerer Faktoren erheblich beeinträchtigt, was letztendlich zu Konditionsverlusten und einer hohen Sterblichkeit führt (vgl. Holzer et al. 2004).

Essenzielle Verhaltensweisen gehen im Zuge der Zucht nicht nur verloren, sondern es kommt auch zum Erlernen ungeeigneter Verhaltensmuster. Dazu gehört zum Beispiel, dass Zuchtfische nach der Freilassung weiterhin bevorzugt an der Wasseroberfläche nach Nahrung suchen (Johnson et al. 1996, Flagg et al. 2000, Weber & Fausch 2003); ein typisches Verhalten, das auf die Fütterungsverhältnisse in Zuchtbetrieben zurückzuführen ist. Dort wird das Futter (zumeist Pellets) entweder händisch oder maschinell über die Wasseroberfläche in die Zuchtanlage eingebracht. Demnach sind Fische gewohnt, von der Oberfläche zu fressen. Wissenschaftler konnten nachweisen, dass dadurch aber nicht nur das Verhalten bei der Nahrungsaufnahme beeinflusst wird. Es konnte bei Zuchtstämmen eine generelle Änderung und somit untypische Positionswahl in der Wassersäule bzw. auch im Gesamtlebensraum dokumentiert werden (vgl. Flagg et al. 2000, Eber et al. 2003). Konkret wurde nachgewiesen, dass Zuchtfische aufgrund ihrer Nahrungsaufnahmegewohnheiten aus dem Zuchtbetrieb generell höhere, also der Wasseroberfläche nähere, Positionen einnehmen. Was die Wahl der Habitate anbelangt, so werden von Besatzfischen bevorzugt Kolke besiedelt, da diese am ehesten den Bedingungen in der Fischzucht entsprechen.

(III) Fluchtverhalten - Verhalten im Bedrohungsfall

Künstlich gezüchtete Fische sind während der Zuchtphase, wenn überhaupt, nur in geringem Ausmaß natürlichen Feinden ausgesetzt. Dementsprechend unerfahren sind sie auch mit der Wahrnehmung akustischer oder visueller Anzeichen bzw. chemischer (olfaktorischer) Reize im Bedrohungsfall. (Maynard et al. 2004). Die künstliche Aufzucht verhindert die Entwicklung psychosensorischer Stimuli, um die im Fall von Bedrohungen nötigen Fluchtverhalten entwickeln zu können. (Olla et al. 1996, Brown & Smith 1998, Berejikian et al. 1999; Olla et al. 1998 in: Flagg et al. 2000). Größere Risikofreudigkeit bzw. reduzierte Furcht vor Fressfeinden oder größeren Objekten, wie zum Beispiel Menschen, sind ebenfalls Erscheinungsbilder, die bei Zuchtfischen festgestellt wurden (Maynard et al. 2001).

Das Prädationsrisiko wird auch durch den vermehrten Aufenthalt von Zuchtfischen nahe der Wasseroberfläche gesteigert (Vincent 1960, Moyle 1969, Bachman 1984 in: Weber & Fausch 2003). Raubvögel, z.B. Kormorane, Eisvögel, etc., stellen somit für Zuchtfische eine größere

Bedrohung dar als für Individuen, die von Beginn an mit dieser Bedrohung aufwachsen müssen.

Aber nicht nur Flucht, sondern auch Tarnung ist eine mögliche Strategie, um Prädation zu verhindern. Wie bereits beschrieben, besitzen Fische die Fähigkeit zur Tarnung. Diese Fähigkeit, aber auch die physischen Eigenschaften wie Schwimmleistung und Manövrierfähigkeit, werden nachteilig von der Aufzucht in Zuchtanlagen beeinflusst. Letztendlich sind diese Parameter jedoch besonders in Situationen der Bedrohung durch Fressfeinde für das Überleben entscheidend.

Im Zuge wissenschaftlicher Untersuchungen konnte auch nachgewiesen werden, dass durch Verletzungen, Transport oder menschlichen Kontakt verursachter Stress ebenfalls das Prädationsrisiko gesteigert wird (vgl. Houston et al. 1971a,b, Miles et al. 1974, Barton et al. 1980, Barton & Peter 1982, Pickering et al. 1982, Carmichael et al. 1984, Woodward & Strange 1984 in: Olla et al. 1996).

4.2 Auswirkungen der Domestizierung in Fischzuchten

Der Begriff Domestizierung beschreibt vom Menschen verursachte innerartliche Veränderungsprozesse von Wildtieren- bzw. pflanzen, die durch genetische Isolation verursacht werden. Anders ausgedrückt wird darunter der Prozess der (genetischen) Anpassung an eine künstliche, vom Menschen kontrollierte Umwelt, verstanden (Hatchery Reform 2004). In diesen Bereich fallen sowohl vom Menschen gewollte als auch ungewollte Anpassungen des Erbguts, beziehungsweise auch zufällige genetische Effekte (Fleming & Petersson 2001).

Im Rahmen der Fischzucht kommt es zu mehreren Einflussnahmen auf das Erbgut der Tiere. Bereits die erstmalige Auswahl der Mutterfische stellt einen Eingriff dar (Zwangsbefruchtung; in der Natur herrscht strikte Partnerwahl). Diese und auch darauffolgende Selektionen werden üblicherweise anhand bestimmter, bevorzugter, Kriterien wie zum Beispiel Wachstum, Färbung oder Laichreife, getroffen (Smith 2004, Pinter 2008). Dies sind Merkmale, die infolge längerer Zuchtreihen im Erbgut teilweise auch fixiert werden (Holzer et al. 2004). Verglichen mit der gesamten genetischen Variabilität des Stamms, von dem die Fische ursprünglich abstammen, repräsentieren Zuchtstämme also nur mehr eine begrenzte Auswahl.

Weiters wird aufgrund optimierter Umweltbedingungen in Zuchtanlagen der selektive Prozess der natürlichen Auslese übergangen. Gerade in den Juvenilstadien sind Wildfische zahlreichen Gefahren (z.B. Prädation, Hochwasser, etc.) ausgesetzt, die in Zuchtanlagen nicht auftreten. Während es in der freien Wildbahn bei Salmoniden zwischen Eiablage und Emergenz zu Mortalitätsraten zwischen ca. 70 und 90 Prozent kommt (Quinn 2005), überlebt in der Zucht ein Großteil der Brut. Dementsprechend werden Genotypen, die unter

natürlichen Bedingungen nicht überleben würden, in Fischzuchten künstlich erhalten (Elliott 1989, Einum & Fleming 2000a,b in: Einum & Fleming 2001).

Die Wahrscheinlichkeit der genetischen Beeinflussung nimmt zu, wenn einzelne Stämme über mehrere Generationen hinweg gezüchtet werden (vgl. Huntingford 2004). Einum & Fleming gehen davon aus, dass über Generationen gezüchtete Stämme größere Abweichungen zur ursprünglichen Wildfischpopulation aufweisen als Zuchtfische der ersten Generation. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, den Selektionsdruck in Aquakulturen möglichst gering zu halten (Lynch & O'Hely 2001). Andernfalls wird befürchtet, dass langfristige Besatzprogramme zu dermaßen ausgeprägten genetischen Abweichungen führen können, dass der Selbsterhalt der Populationen stark gefährdet wäre. Langfristige Domestizierung führt bestenfalls dazu, dass Fische für die Umweltbedingungen in Zuchtanlagen immer besser geeignet werden als für die Bedingungen in freier Wildbahn (vgl. Hatchery Reform 2004, Ford 2002).

4.2.1 Einflussnahme auf die Physiologie

Die ausgeprägte phänotypische Plastizität vieler Fischarten (u. A. auch der Salmoniden) wird für erhebliche Anpassungen an die Lebensraumbedingungen in Aquakulturen verantwortlich gemacht (Fleming & Petersson 2001). Experten führen phänotypische Eigenheiten gezüchteter Fische unter anderem auf Selektionsfaktoren und damit im Zusammenhang stehend auf die künstlich reduzierte Mortalität von Jungfischen in Aquakulturen zurück (Swain et al. 1991, Fleming et al. 1994, Fleming et al. 1997, Olla et al. 1998 in: Weber & Fausch 2003). Schließlich überleben in Aquakulturen weitaus mehr Fische die Juvenilstadien, wodurch gewisse Eigenschaften, welche unter natürlichen Bedingungen ausselektiert würden, in Erscheinung treten können. Die phänotypischen Eigenschaften der Wildfische beschreiben nur eine für den Lebensraum optimierte Selektion einer größeren Auswahl an Typen, die auch in Fischzuchten vorkommen

Auch im Bezug auf das Wachstum von Fischen scheint die Domestizierung eine entscheidende Rolle zu spielen. Wachstum wird primär mit der Verfügbarkeit von Nahrung sowie dem individuellen Energiehaushalt assoziiert. Wissenschaftler betonen jedoch auch die Rolle der Erbllichkeit wachstumsbezogener Eigenschaften. Fleming et al. (2002) dokumentierten beispielsweise im Zuge eines Aufzuchtprogramms gesteigerte Wachstumsraten von 10 bis 15% pro Generation. Zurückgeführt wird dies auf physiologische Eigenschaften, die mit dem Wachstum in Zusammenhang stehen und im Zuge der Selektion künstlich gefördert werden. Die gesteigerte Produktion von Wachstumshormonen wird dazu gezählt, genauso wie die gesteigerte Futtermittelverwertung (AQUAWILD 2002, Fleming et al. 2002). Diese Ergebnisse gehen auch mit denen anderer Untersuchungen konform, wo im

Vergleich zu Wildfischen erhöhte Fettgehalte sowie reduzierte Proteingehalte dokumentiert werden konnten (Phillips 1957, Vincent 1960, Blaxter 1975 in: Weber & Fausch 2003). Eine direkte Folge dieser physiologischen Abnormalitäten kann zum Beispiel reduzierte Konkurrenzfähigkeit sein (Weber & Fausch 2003).

Auch reduziertes Fluchtverhalten und gesteigerte Aggression werden mit Wachstumsparametern in Verbindung gebracht. Experten haben direkte Zusammenhänge zwischen Wachstumshormonen und Verhaltensmustern erkennen können, wobei bei mit Wachstumshormonen behandelte Fischen im Fall einer Bedrohung eine reduzierte Herzschlagfrequenz festgestellt wurde und ein erhöhtes Dominanzverhalten auftrat (AQUAWILD 2002, siehe auch Woodward & Strange 1987, Salonius & Iwama 1993, Johnsson et al 2001 in: Weber & Fausch 2003). Auch die Stoffwechselrate scheint in direktem Zusammenhang mit dem Dominanzverhalten zu stehen (AQUAWILD 2002).

Letztendlich kommen Wissenschaftler im Zusammenhang mit Wachstumsmustern zu dem Schluss, dass in Fischzuchtbetrieben Muster gezüchtet werden, die für die Bedingungen in der Zucht optimiert sind. Schließlich konnte innerhalb eines großen geographischen Gebiets morphologische Einheitsmuster bei Zuchtfischen nachgewiesen werden, die sich eindeutig von der morphologischen Vielfalt der Wildfische im selben Gebiet abhoben (Hjort & Schreck 1982, Taylor 1986, Fleming & Gross 1998 in: Weber & Fausch 2003).

4.2.2 Einflussnahme auf das Verhalten

Dass es bei künstlich gezüchteten Fischen zu Änderungen des Fluchtverhaltens und der Dominanz kommt, wurde bereits im Zusammenhang mit physiologischen Veränderungen aufgezeigt (siehe Kapitel XXX). Kurz zusammengefasst kann man festhalten, dass es zu risikofreudigeren bzw. aggressiveren Verhaltensmustern kommt. Darüber hinaus konnten auch in den folgenden zwei Bereichen modifizierte Verhaltensweisen dokumentiert werden:

- (I) Nahrungsaufnahme
- (II) Reproduktion

(I) Nahrungsaufnahme

Nicht nur aufgrund der Aufzuchtbedingungen kommt es zu geänderten Verhaltensweisen bei der Nahrungsaufnahme. Auch Selektionsprozesse können gewisse Muster fördern oder unterdrücken, die mit der Nahrungsaufnahme in Verbindung stehen. Beispielsweise wird die bei Zuchtfischen vermehrte Futteraufnahme an der Wasseroberfläche auch auf angeborene Eigenschaften zurückgeführt (Uchida et al. 1998 in: Flagg et al. 2000).

Weiters wurde festgestellt, dass Domestizierung auch zu Beeinflussungen chronobiologischer Eigenschaften führt. Im Bezug auf die Nahrungsaufnahme wurden Veränderungen der täglichen als auch saisonalen Spezialisierungen dokumentiert. So wurde beobachtet, dass

künstlich gezüchtete Fische zu unergiebigem Tageszeiten Futtersuche betrieben bzw. zu Zeitpunkten erhöhten Prädationsrisikos (AQUAWILD 2002).

In Verbindung mit gesteigertem Aggressionspotential wird auch nachgewiesen, dass Zuchtfische weniger Zeit für die Nahrungsaufnahme aufbringen als Wildfische (Fenderson et al. 1968, Fenderson & Carpenter 1971, Deverill et al. 1999 in: Weber & Fausch 2003). Die unmittelbare Folge all dieser verhaltensbezogenen Abweichungen ist in der reduzierten Kondition künstlich gezüchteter Fische zu sehen.

(II) Reproduktion

Der Reproduktionserfolg von Wildfischen unterliegt einer Vielzahl biotischer und abiotischer Faktoren sowie morphologischer und verhaltensbezogener Eigenschaften. Parameter wie der Zeitpunkt der Reproduktion, die Körpergröße, die Konkurrenzfähigkeit oder die Größe der Eier spielen eine entscheidende Rolle. Viele dieser Faktoren werden in Zuchtbetrieben nachweislich von der Aufhebung des natürlichen Selektionsdrucks negativ beeinflusst.

In Fischzuchten werden Stämme herangezogen, die unnatürliche Laichtermine aufweisen. Diese Erscheinung wird unter anderem auf die bewusste Züchtung früh laichender Fische zurückgeführt (Flagg et al. 2000; siehe auch Vincent 1960, Reisenbichler & McIntyre 1977, Fleming et al. 2002 in: Weber & Fausch 2003). Da die Laichreife einer starken Heritabilität (Erblichkeit) unterliegt, kommt es zu einer intensiven Weitergabe und somit nachhaltigen Beeinflussung der folgenden Generationen (Siitonen & Gall 1989, Silverstein 1992, Gharrett & Smoker 1993, Quinn et al. 2000 in: Fleming & Petersson 2001). In freier Wildbahn können verfrühte Laichtermine jedoch zu hohen Ausfallraten bei der Reproduktion führen. Als mögliche Ursachen der Mortalität führen Wissenschaftler das Fehlen des nötigen Futterangebots, unpassende Wasserstände oder erhöhtes Prädationsrisiko zum Zeitpunkt der Emergenz an (vgl. Braunnas 1995, Seegrift & Grad 1972, Fausch et al. 2001 in : Weber & Fausch 2003).

Eine weitere Ursache verringerter Reproduktionsraten wird in der Beeinflussung der Wahl des Laichhabitats gesehen. Fleming und Petersson (2001) berichten beispielsweise darüber, dass es bei Besatzfischen zu einem Ausbleiben der Laichwanderungen kommt. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung des als „homing“ bekannte Phänomens betont (Holzer et al. 2004). Darunter versteht man die natürliche Veranlagung der Individuen an die Laichplätze ihres Ursprungs zurückzukehren. Dieses Phänomen ist vorwiegend von anadromen Fischarten bekannt, wurde aber auch für reine Süßwasserarten nachgewiesen. Die Unterdrückung dieser Veranlagung kann dazu führen, dass Zuchtfische nicht oder nur eingeschränkt geeignete Laichplätze auffinden und nutzen (Holzer et al. 2004).

Abnormitäten im Laichverhalten von Zuchtfischen wurden auch beim direkten Vergleich mit Wildfischen festgestellt. Im Fall weiblicher Individuen wurde dokumentiert, dass die Konkurrenzfähigkeit im Vergleich zu Wildfischen stark verringert ist. Dies drückt sich

beispielsweise durch verspätetes Ablachen oder durch nur geringe Anzahlen an Laichgruben aus (Fleming & Petersson 2001). Männliche Individuen erscheinen während des Laichgeschehens weniger aktiv bei der Partnerwahl als ihre natürlich aufgewachsenen Konkurrenten (Fleming & Petersson 2001, Hatchery Reform 2004). Über die Aggressivität der Männchen im Laichprozess gibt es jedoch unterschiedliche Beobachtungen. Sowohl vermindertes als auch gesteigertes Aggressionspotential wurde beobachtet. Im Fall von gesteigerter Aggression drückt sich diese vor allem in Form überdurchschnittlich langer Rangkämpfe aus (Fleming et al. 1997 in: Fleming and Petersson 2001). Dies kann zu vergleichsweise hohen Verletzungs- bzw. Mortalitätsraten führen.

Diese verhaltensauffälligen Eigenheiten künstlich gezüchteter Fische werden begleitet von morphologischen bzw. korrelieren sogar mit physiologischen Defiziten, die ebenfalls aus dem künstlichen Selektionsdruck in Zuchtbetrieben resultieren. Morphologische Defizite, wie zum Beispiel die mangelhafte Ausbildung sekundärer Sexualmerkmale (Laichfärbung, Laichhaken, etc.), können den Reproduktionserfolg reduzieren (Fleming & Petersson 2001). Flagg et al. (2000) beschreiben weiters, dass bei Zuchtfischen sowohl die reduzierte Ausprägung sekundärer Geschlechtsmerkmale festgestellt wurde als auch ein überdurchschnittlich hoher Produktionsaufwand für Geschlechtsprodukte (Heath et al 2003). In Summe beurteilen Wissenschaftler die Entwicklung als nachteilig, da ein überdurchschnittlich hoher Energieaufwand für die Produktion von beispielsweise Spermien zu keinem höheren Reproduktionserfolg führt, wenn andere für die Paarung wichtige Eigenschaften nur minderwertig ausgebildet werden. Zuchtselektion wird allerdings zusehends in Richtung der intensivierten Produktion von Geschlechtsprodukten getrieben (Fleming & Petersson 2001). Heath et al. (2003) konnten dokumentieren, dass in Fischzuchten vermehrt große Fischeier produziert werden, da dies auch ein Selektionskriterium für die Weiterzucht ist.

4.2.3 Zusammenfassende Darstellung

Eine Vielzahl wissenschaftlicher Studien dokumentieren, dass es bei der Aufzucht unter künstlichen Bedingungen zu erheblichen Beeinträchtigungen der Individuen kommt. Gezüchtete Fische weisen aufgrund der Zuchtbedingungen sowohl physiologische Abnormalitäten und Defizite als auch untypische Verhaltensweisen auf. Dadurch sind sie in ihrer Reaktion auf natürliche Nahrung, natürliche Lebensräume, Artgenossen und Fressfeinde negativ beeinträchtigt und benachteiligt. Auch die Einflussnahme der Züchter bzw. Zuchtmethoden auf die natürliche Selektion erweist sich als unvorteilhaft. Auch hier kommt es zu physiologischen und verhaltensbezogenen Beeinträchtigungen. Diese Abweichungen von wild lebenden Artgenossen sind mitunter dermaßen signifikant, dass Gross (1998) beispielsweise klar zwischen Atlantischen Lachsen (*Salmo salar*) aus natürlicher und

künstlicher Aufzucht differenziert. Er spricht von „one species with two biologies“ und verlangt nach einer Klassifikation der beiden als jeweils eigenständige Art.

In Summe betrachten Experten die gegenwärtige Situation der Besatzwirtschaft als sehr bedenklich und betonen, dass jede durch die künstliche Aufzucht verursachte Abweichung vom „Normalzustand“ als Grund zur Sorge gesehen werden muss (Berejikian & Tezak 2005). Schließlich gibt es keine Zweifel, dass die genannten Abweichungen für die hohen Mortalitätsraten der Zuchtfische verantwortlich sind, und darüber hinaus auch die Produktivität wild lebender Populationen vermindern können und diese dadurch schwächen (Petersson et al. 1996). Basierend auf diesen Kenntnissen wird verdeutlicht, dass signifikante Verbesserungen in der Aufzucht von Fischen gemacht werden müssen. Sowohl Bewirtschafter als auch der Naturschutz müssen eine höhere Qualität in der Fischzucht anstreben, um Besatzfische zu züchten, die den Wildfischen in ihrem Verhalten, der Physiologie und auch der genetischen Veranlagung um möglichst nichts nachstehen.

4.3 Naturnahe Aufzuchtmethoden

Angesichts der niedrigen Überlebensraten künstlich gezüchteter und besetzter Fische bzw. der durch Fischbesatz zusätzlichen Beeinträchtigung ohnedies bereits geschwächter Wildfischpopulationen, suchen Wissenschaftler nach Lösungen zur schonenden, artgerechten und zielführenden Aufzucht von Fischen. Eine Vielzahl an Studien zur naturnahen Aufzucht wurde bereits durchgeführt. Der Großteil dieser vor allem im nordamerikanischen Raum umgesetzten Untersuchungen konzentriert sich auf die Anwendung von Methoden zur naturnahen Aufzucht für große Produktionsmengen. Für die Versuche werden sowohl juvenile als auch adulte Salmoniden in naturnahen Aufzuchtanlagen gezüchtet und in weiterer Folge in ihrem Verhalten und ihren physiologischen Eigenschaften mit natürlich aufgewachsenen bzw. mit konventionell gezüchteten Artgenossen verglichen.

Der Großteil der zum Einsatz gebrachten Aufzuchtanlagen entspricht strukturell angereicherten Fließrinnen oder Rundbecken. Vereinzelt wurden auch Aufzuchtversuche in natürlichen Gewässerabschnitten durchgeführt. Im Folgenden werden die im Rahmen einer Literaturrecherche (siehe Pinter 2008) zusammengefassten Erkenntnisse zu naturnahen Aufzuchtmethoden kurz präsentiert.

Grundsätzlich konnte herausgefunden werden, dass vereinzelt sowohl physiologische Eigenschaften erhalten, als auch das natürliche Verhalten durch naturnahe Aufzuchtmethoden bewahrt werden können. Aus physiologischer Sicht konnte besonders im Bereich der Verminderung von Flossenschäden und der Förderung der artgerechten Hautfärbung bzw. der Fähigkeit zur Tarnfärbung (cryptic camouflage) positive Ergebnisse erzielt werden. Gleichmaßen konnten durch die Reduktion der Aufzuchtdichten und durch Vorbereitung der Besatzfische auf Prädationsdruck, mittels Förderung des Fluchtverhaltens, höhere

Überlebensraten erzielt werden. Die Reduktion der Aufzuchtdichten hatten geminderte Stressbelastungen zur Folge und ermöglichten die Entwicklung natürlichen Sozialverhaltens. Im Bezug auf die Wahrnehmung von Prädationsdruck, erzielte wiederum die verbesserte Fähigkeit zum sozialen Lernen gesteigerte Überlebensraten. Weiters konnte die Anfälligkeit gegenüber Raubvögeln durch das gezielte Fördern natürlichen Fressverhaltens gemindert werden. Auch hinsichtlich des Größenwachstums der Fische zeigten naturnahe Aufzuchtmethoden vereinzelt positive Auswirkungen. In diesem Zusammenhang würde nicht zuletzt das Bedürfnis der Fischereiwirtschaft nach schnell wachsenden Fischen befriedigt werden können.

Ganz generell konnte im Zuge der Studien nachgewiesen werden, dass das frühzeitige Wahrnehmen natürlicher Reize zur Entwicklung natürlichen Verhaltens bzw. der natürlichen Physionomie und Physiologie beiträgt (vgl. Berejikian 2000, AQUAWILD 2002, Brown & Day 2002). Grundsätzlich wird der verhaltensbezogenen Prägung aber auch der korrekten Ausprägung physiologischer Eigenschaften ein starker Einfluss der Umweltfaktoren unterstellt, dem besonders in den ersten Lebensabschnitten der Fische größte Bedeutung zukommt (AQUAWILD 2002). Demnach wird empfohlen, Besatzmaßnahmen, wenn überhaupt, frühestmöglich durchzuführen (Augenpunktstadium), anstatt den Fischen künstlich über die ersten Lebensmonate zu „helfen“ (Metcalf et al. 2003, siehe auch AQUAWILD 2002).

Die Versuche mit naturnahen Aufzuchtmethoden haben also vereinzelt vielversprechende Ergebnisse hervorgebracht. Zahlreiche Fragen bleiben jedoch unbeantwortet. Nicht zuletzt deswegen, weil viele Untersuchungen sehr verschwommene bzw. schwer interpretierbare und schwer vergleichbare Ergebnisse hervorbrachten. Dies ist auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Die Vergleichbarkeit einzelner themenverwandter Studien ist beispielsweise limitiert, da kleine Unterschiede im Studiendesign die Ursache für große Unterschiede in den Ergebnissen sein können. Weiters sind die Studien an verschiedensten Vertretern der Familie der Salmoniden durchgeführt worden, die mitunter sehr unterschiedlich auf die Aufzuchtmethoden reagieren. Kleiman et al. (1994 in: Brown & Day 2002) betonen, dass vorerst ein breites Verständnis zur Ökologie und Biologie der einzelnen Arten von Nöten ist, um ein angemessenes Design naturnaher Aufzuchtanlagen zu ermöglichen. Darüber hinaus ist es auch von größter Bedeutung die standortspezifischen, also geografischen und Einzugsgebiets bezogenen Umweltfaktoren zu berücksichtigen (Brown & Day 2002). Diesbezüglich konnten im Zuge der Literaturstudie große Defizite erkannt werden. Ein weiterer negativer Aspekt, der in den bisher angestellten Untersuchungen auftritt ist, dass die meisten Versuche auf einzelne physiologische oder verhaltensbezogene Eigenschaften beschränkt sind. Diese Eigenschaften stehen jedoch in starkem Zusammenhang zueinander und sollten nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Letztendlich orten die Forscher auch große Defizite im Bereich der Prüfung, inwieweit die angewandten Aufzuchtmethoden zur Domestizierung beitragen.

Um einige dieser Probleme zu lösen, betonen Forscher die dringende Notwendigkeit die Aufzuchtversuche in natürliche Lebensräume zu verlegen, um somit nicht zuletzt auch die lokal spezifischen Anforderungen der verschiedenen Populationen zu erfüllen.

5. Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben

5.1 Einleitung

Zusätzlich zu den Monitoring-Studien, wurde eine anonyme Befragung steirischer, niederösterreichischer und auch oberösterreichischer Bachforellenzüchter durchgeführt. Insgesamt wurden 26 Fischzuchtbetriebe in den drei Bundesländern besucht und die Betreiber befragt. Von insgesamt 28 in der Steiermark und in Niederösterreich gefundenen Betrieben wurden 10 in der Steiermark und 12 in Niederösterreich interviewt. Vier der befragten Betriebe liegen in Oberösterreich, die aufgrund ihres im Vorfeld bereits bekannten Stellenwerts auf die Fischproduktion in Österreich unbedingt in die Befragung miteinbezogen werden mussten. Verschiedene Fragestellungen zu vier Themenblöcken (*Aufzucht, Handel, Qualitative Parameter, Netzwerkanalyse*) wurden bei den Befragungen abgehandelt. Die wesentlichsten Ziele die dabei verfolgt wurden, sind hier kurz zusammengefasst:

- Es sollten Informationen über die Abstammung (Herkunft) der gezüchteten Bachforellen eingeholt werden.
- Auch die Art der Aufzucht von Bachforellen, sowie der Umfang der Besatztätigkeiten der Zuchtbetriebe wurde erfragt.
- Ein weiteres Ziel war es, die persönliche Sichtweise der Fischzüchter zum Themenkomplex von „Troutcheck“ zu erfragen, aber auch die Rahmenbedingungen, unter denen die Züchter arbeiten, zu erfassen und zu interpretieren. Auf diese Weise sollte auch die Bereitschaft der Züchter, ihre Aufzuchtmethoden bzw. das verwendete (genetische-) Material zukünftig zu ändern, eruiert werden.
- Letztlich wurde eine Netzwerkanalyse der Bachforellenzüchter erstellt, um über die „Rollenverteilung“ innerhalb der Züchterlandschaft und deren Persönlichkeitsnetzwerke Aufschluss zu bekommen.

5.2 Ergebnisse

Kurz zusammengefasst kann gesagt werden, dass 6 der 22 Zuchtstämme ausschließlich aus Bachforellen heimischer Fließgewässer gegründet wurden. Die verbleibenden 16 Stämme, und somit der Großteil des Besatzmaterials, setzen sich sowohl aus Fischen heimischer Gewässer als auch aus Forellen ausländischer, vorwiegend dänischer Abstammung zusammen (Abbildung 33). Die Größe der Mutterfischstämme variiert mitunter sehr stark zwischen den Betrieben und reicht von weniger als 100 Individuen bis zu Mutterfischstämmen mit über 1.000 Fischen. Demgemäß ist auch der Produktionsumfang an Bachforelleneiern zwischen 1.500 und 4.000.000 Eiern sehr breit gestreut.

Wie ebenfalls aus Abbildung 33 hervorgeht, produzieren mehrere der befragten Züchter mit den gleichen Stämmen bzw. mit Mutterfischen, die sich aus der Kombination mehrerer anderer Mutterfischstämme zusammensetzen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass vor allem die großen Zuchtbetriebe an der Gründung neuer Mutterfischstämme kleinerer Betriebe beteiligt waren. Legt man dies nun auf die Produktion an Bachforelleneiern um, so ergibt sich, dass innerhalb der befragten Betriebe rund 80 % der produzierten Eier von fünf Mutterfischstämmen abstammen.

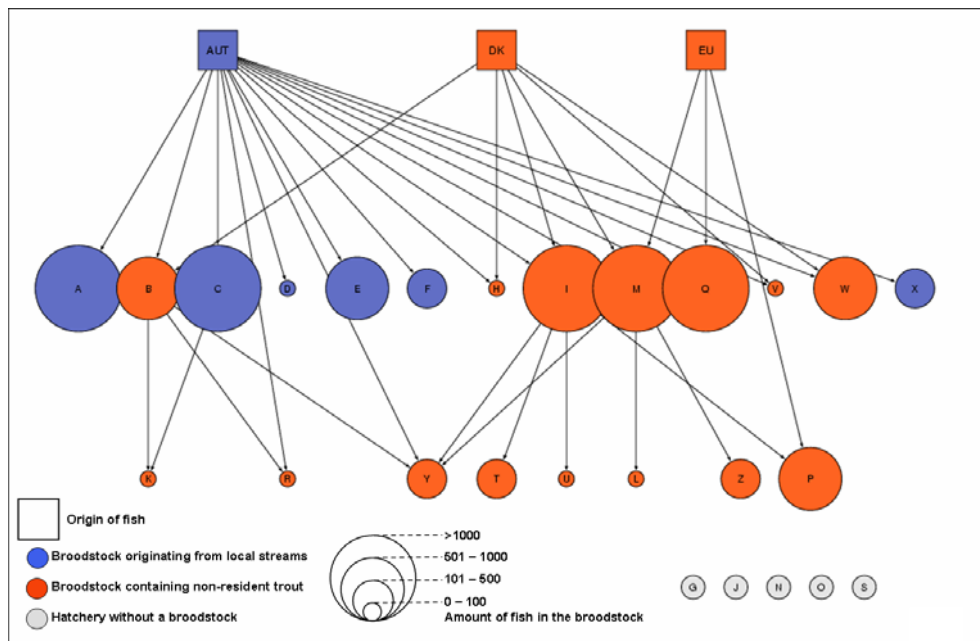


Abbildung 33: Ursprung und Größe der Mutterfischstämme (AUT = Österreich, DK= Dänemark, EU= restliches Europa) und deren Verbreitung innerhalb der befragten Fischzuchtbetriebe. In der Grafik wird ersichtlich, dass die Mehrheit der Stämme von allochthonem Fischmaterial beeinflusst ist. Weiters zeigt sich, dass zahlreiche Mutterfischstämme gleichen bzw. ähnlichen Ursprungs sind.

Neben der Herkunft der Stämme stellt auch die Art und Weise der Regeneration der Mutterfischstämme einen bedeutungsvollen Aspekt dar. Nicht zuletzt wird in Fachkreisen die Domestizierung der Besatzfische als eine der gravierendsten Ursachen für hohe Mortalitätsraten nach dem Besatz gesehen. So zeigt es sich nun, dass die Mehrheit der Zuchtbetriebe ihren Mutterfischstamm durch eigene Bachforellen ergänzt (Abbildung 34). Bei genauerer Betrachtung stellte sich weiter heraus, dass rund 75 % aller produzierten Bachforelleneier von Mutterfischstämmen abstammen, die seit mehr als 30 Jahren ausschließlich mit Forellen aus eigener Nachzucht ergänzt wurden.

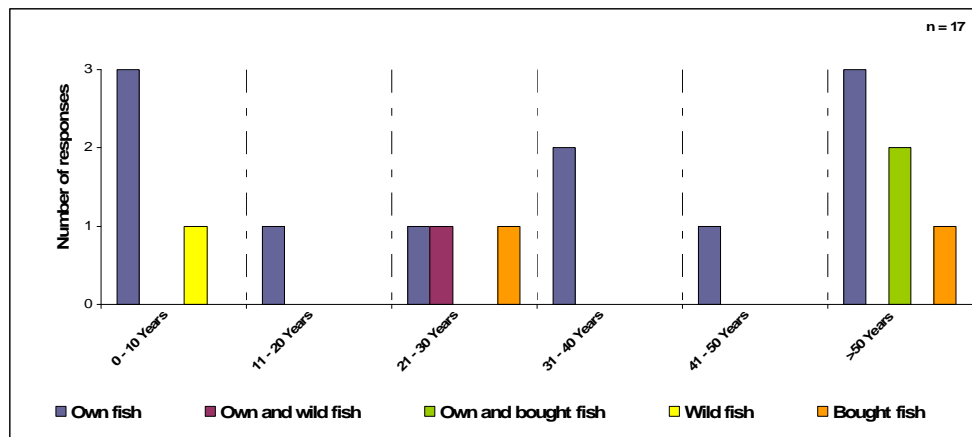


Abbildung 34: Ergänzung der Mutterfische in Relation zu der Dauer, seitdem der Mutterfischstamm gegründet wurde. Der Großteil der Züchter ergänzt seine Mutterfische mit den eigenen Nachkommen. Die Betriebe, die ihren Mutterfischstamm seit mehr als 30 Jahren mit den eigenen Nachkommen ergänzen, produzieren rund 75 % aller Bachforelleneier.

Die Aufzucht der Forellen erfolgt ab dem Juvenilstadium überwiegend in Naturteichen. Eine Ausnahme bilden zwei der befragten Fischzüchter, die ihre Bachforellen zum Teil in Fließgewässern heranwachsen lassen. Die Aufzuchtdauer betreffend stellte sich heraus, dass 24 Betriebe Bachforellen bis zum Adultfischstadium heranzüchten. Dies bedeutet, dass die Fische mindestens zwei Jahre im Zuchtbetrieb bleiben, bevor sie als Besatz in die Gewässer kommen. In Zahlen ausgedrückt heißt das, dass in Summe rund 62 % der produzierten Forellen im adulten Stadium besetzt werden, während die Verbleibenden 38 % bereits als Jungfische die Fischzuchten verlassen.

Insgesamt werden von den befragten Züchtern jährlich rund 9,4 Mio. Bachforelleneier produziert. Dabei entfällt mengenmäßig der größte Anteil auf die vier oberösterreichischen Betriebe (69 %), gefolgt von der Steiermark (21 %) und Niederösterreich (10 %) (vgl. Abbildung 35). Der Großteil der Bachforelleneier (85 %) entstammt Zuchtbetrieben, deren Mutterfische in gewöhnlichen Erdteichen leben. Die verbleibenden 15 % stammen zum Teil von Mutterfischen ab, die jährlich zum Ablachen aus Fließgewässern entnommen und wieder rückbesetzt werden. Von den 9,4 Mio. produzierten Bachforelleneiern geht ein entscheidender Teil in den Handel bzw. zur Speisefischproduktion. Die Summe der jährlich produzierten Besatzfische beläuft sich auf ca. 2,8 Mio. Individuen.

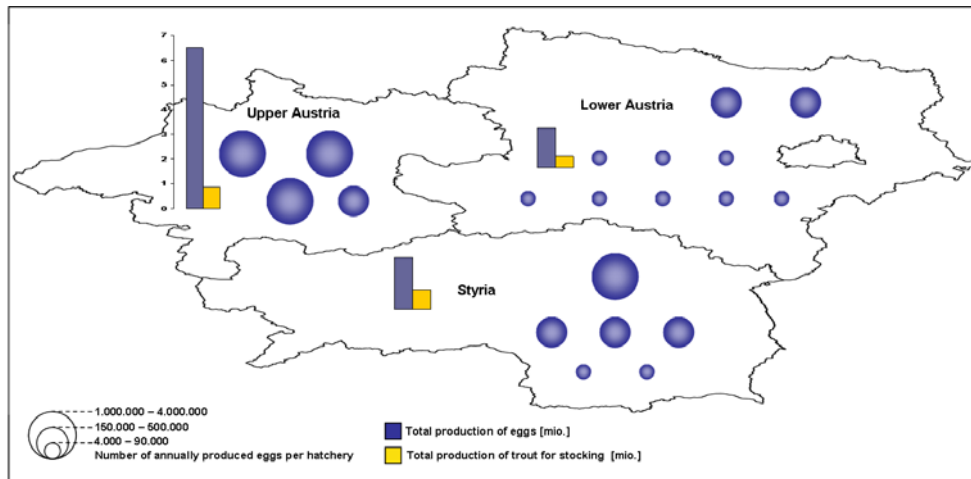


Abbildung 35: Fischzuchtbetriebe mit Eiproduktion aufgeteilt auf drei Größenklassen. Der Großteil der Eier und auch der Besatzforellen wird von den oberösterreichischen Betrieben erzeugt. [Angaben in Mio.]

Der Handel mit Bachforelleneiern beziehungsweise Bachforellen spielt eine wesentliche Rolle für viele Aquakulturbetrieb. Von den insgesamt 9,4 Mio. Bachforelleneiern werden jährlich rund 3,6 Mio. an andere Zuchtbetriebe verkauft. Dies entspricht rund 40 % der gesamten Eierproduktion. Gemäß dem Produktionsumfang halten die oberösterreichischen Zuchtbetriebe mit 85 % den größten Anteil am Handel. Neben dem Handel mit Bachforelleneiern werden auch subadulte Bachforellen gehandelt. Dies spielt aber im Vergleich zum Handel mit Eiern eine untergeordnete Rolle.

Die Handelsbeziehungen einzelner Fischzüchter erstrecken sich über zahlreiche Bundesländer, in denen eine Vielzahl von Betrieben beliefert wird. Vor allem Zuchtbetriebe mit großen Produktionsumfängen verkaufen ihr Fischmaterial österreichweit. Dies gilt auch für den Besatz von Bachforellen. Die Fischzüchter mit großen Produktionsmengen gaben an, bereits fast alle österreichischen Gewässer mit Bachforellen besetzt zu haben (Abbildung 37).

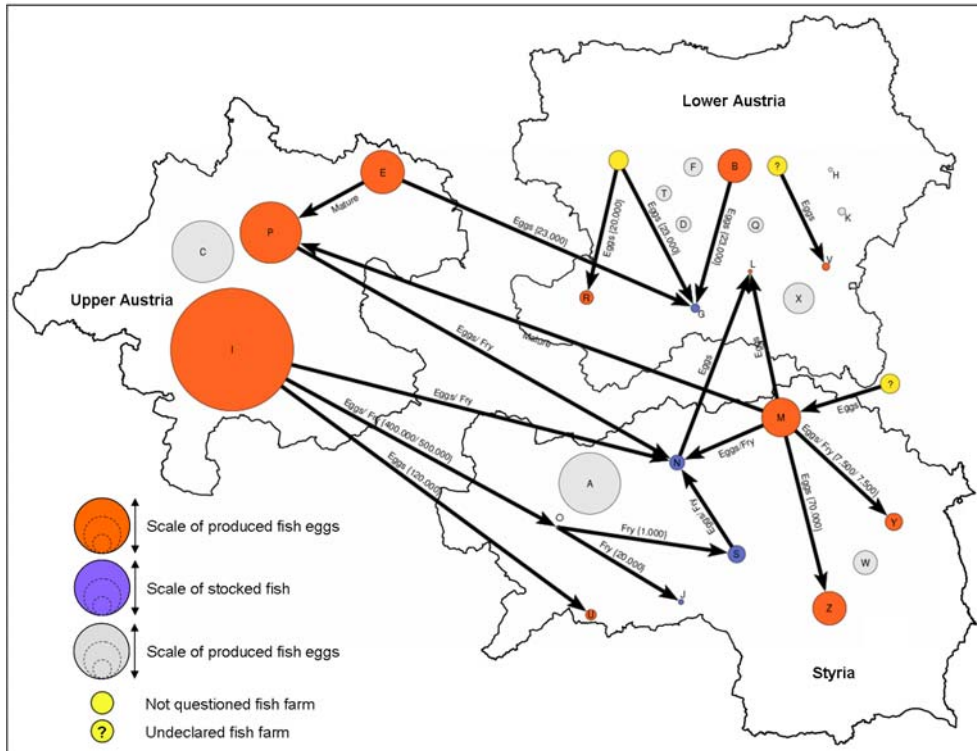


Abbildung 36: Handelsbeziehungen der befragten Zuchtbetriebe. Die Illustration orientiert sich an der Fragestellung, wo die Züchter Bachforellen oder Bachforelleneier in der Vergangenheit erstanden haben. Wenn der Einkaufsumfang genannt wurde, so wurde dieser in die Illustration mit aufgenommen. Die Platzierung der Betriebe innerhalb der Bundesländer ist zufällig gewählt. Die Handelsbeziehungen der großen Zuchtbetriebe erstrecken sich weit über das Befragungsgebiet hinaus.

Anhand des Fischzuchtbetriebes „I“ kann gezeigt werden, wie weitläufig das Besatzmaterial eines (großen) Zuchtbetriebes verbreitet sein kann. Der Züchter gab, an mit 36 weiteren Betrieben Handelsbeziehungen zu haben, wobei 7 davon innerhalb des Untersuchungsgebietes liegen. Davon züchten zwei Betriebe (T und U) mit demselben Mutterfischstamm. Zwei weitere Betriebe (P und Y) besitzen Mutterfischstämme, die ebenfalls Fische von „I“ enthalten. Am deutlichsten stellt sich der Verbreitungsgrad des Zuchtmaterials jedoch dar, wenn man die Anzahl der Gewässer, die bereits mit Fischen dieser Zucht besetzt wurden, in Betracht zieht (Abbildung 37).

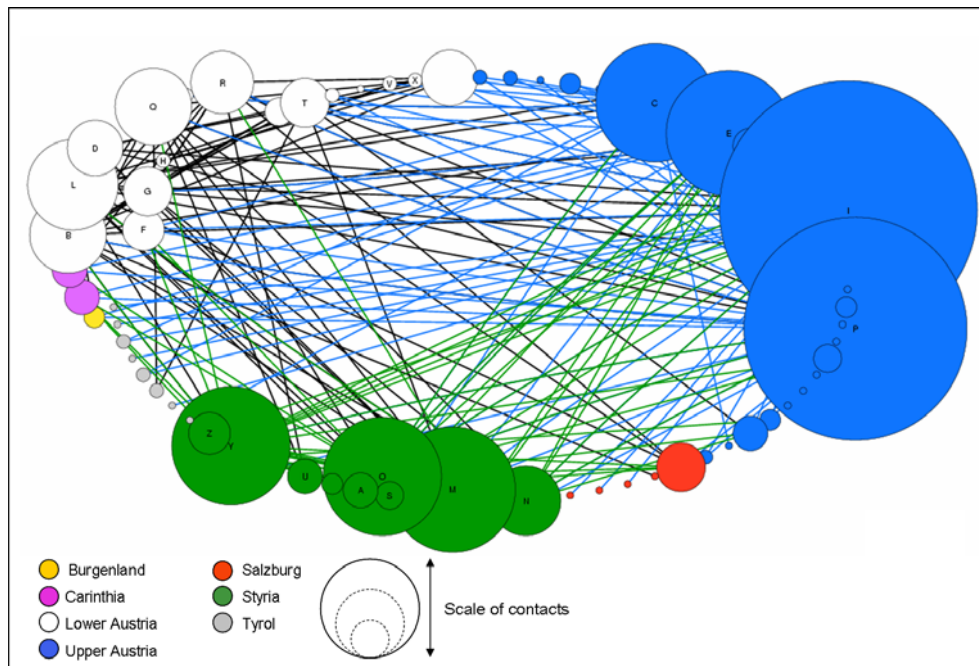


Abbildung 38: Kontakte der befragten Fischzüchter mit weiteren Fischzuchtbetrieben in Österreich (n=26). Jede Linie symbolisiert einen Kontakt zwischen zwei Zuchtbetrieben. Die Größe des Kreises beschreibt die Anzahl der Kontakte, die ein Züchter pflegt. Die Illustration basiert auf der Aufforderung die auf einer Liste angeführten österreichischen Betriebe zu markieren, mit denen gegenwärtig oder in der Vergangenheit Kontakt gehalten wurde.

Abgesehen von der Aufzucht und der Verbreitung des Besatzmaterials in Österreich sowie der Vernetzung der Züchter untereinander, sollte auch geklärt werden, welche qualitativen Kriterien innerhalb der Besatzfischproduktion von Bedeutung sind. Dazu kann gesagt werden, dass vor allem produktionsrelevante Faktoren, wie zum Beispiel ausreichend Wasser beziehungsweise eine entsprechende Wasserqualität zu den wichtigsten Kriterien bei der Aufzucht von Bachforellen gehören. Fischqualitätsbezogene Kriterien wurden weniger häufig genannt. Dabei wird jedoch dem generellen Erscheinungsbild des Fisches die größte Bedeutung beigemessen.

Rund die Hälfte der befragten Fischzüchter würden Veränderungen bei den gängigen Aufzuchtmethoden begrüßen. Fünf Züchter haben sich für die Aufzucht von heimischen Bachforellen ausgesprochen. Ebenso wurden auch naturnahe Aufzuchtmethoden sowie verbesserte Besatzstrategien befürwortet. Die Mehrheit der Züchter hat sich allerdings dagegen ausgesprochen, die eigenen Aufzuchtmethoden auf naturnahe Methoden umzustellen. Dafür könnte sich ein überwiegender Teil der Züchter vorstellen, den eigenen Mutterfischstamm durch heimische (autochthone) Bachforellen zu ersetzen (Abbildung 39). Dies trifft aber vor allem für die kleineren und mittleren Betriebe zu, während die großen Betriebe kein Interesse zeigten.

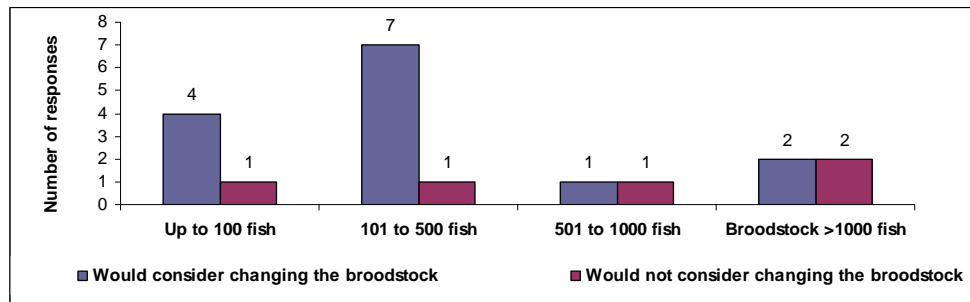


Abbildung 39: Bereitschaft der Fischzüchter ihren Mutterfischstamm umzustellen in Relation zu der Größe der Stämme (n= 19). In der Abbildung wird ersichtlich, dass vor allem die Zuchtbetriebe mit den kleinen Mutterfischstämmen bereit wären, eine Änderung vorzunehmen.

Die wichtigsten qualitativen Kriterien für die Weiterzucht von Bachforellen sind zum einen ein gutes Wachstum und zum anderen eine schöne Färbung der Fische. Während der Zustand der Flossen bei der Wahl der Fische für die Ergänzung der Mutterfischstämme nur eine untergeordnete Rolle spielt, erachten die Züchter einen gesunden Flossenzustand als das wichtigste Kriterium für Besatzfische. Anderen Parametern, wie zum Beispiel der Anpassungsfähigkeit an Fließgewässer, oder der guten Kondition der Fische, wird weniger Bedeutung beigemessen.

5.3 Conclusio Befragung von Bachforellen-Zuchtbetrieben

- Die Größe der Mutterfischstämme der befragten Betriebe variiert sehr stark und reicht von Mutterfischstämmen mit weniger als 100 Individuen bis zu Betrieben mit über 1.000 Mutterfischen. Demgemäß ist auch der jährlich Produktionsumfang an Bachforelleneiern zwischen 1.500 und 4.000.000 Eiern sehr breit gestreut.
- Rund 80 % der produzierten Eier der befragten Betriebe stammen von nur fünf Mutterfischstämmen ab.
- Rund 75 % aller produzierten Bachforelleneier der befragten Betriebe stammen von Mutterfischstämmen, die seit mehr als 30 Jahren ausschließlich mit Forellen aus eigener Nachzucht ergänzt werden.
- In Summe werden rund 62 % der produzierten Forellen im adulten Stadium besetzt, während die Verbleibenden 38 % bereits als Jungfische die Fischzuchten verlassen.
- Insgesamt werden von den befragten Züchtern jährlich rund 9,4 Mio. Bachforelleneier produziert. Dabei entfällt mengenmäßig der größte Anteil auf die vier

oberösterreichischen Betriebe (69 %), gefolgt von der Steiermark (21 %) und Niederösterreich (10 %).

- Der Handel mit Bachforelleneiern beziehungsweise Bachforellen spielt eine wesentliche Rolle für viele Aquakulturbetrieb. Von den insgesamt 9,4 Mio. Bachforelleneiern werden jährlich rund 3,6 Mio. an andere Zuchtbetriebe verkauft. Dies entspricht rund 40 % der gesamten Eierproduktion.
- Die Fischzüchter mit großen Produktionsmengen gaben an, bereits fast alle österreichischen Gewässer mit Bachforellen besetzt zu haben.
- Wie sich im Zuge der Netzwerkanalyse zeigte, sind besonders die großen Fischzuchtbetriebe stark mit den mittleren und kleinen Betrieben vernetzt. Vonseiten der mittleren und kleinen Betriebe wird auch den großen Produzenten am meisten Kompetenz zugesprochen. Dies drückt sich auch darin aus, dass den großen Zuchtbetrieben eine entscheidende Rolle für die Implementierung nachhaltiger Aufzuchtmethoden beigemessen wird. Am meisten Bedeutung wird hierbei jedoch den Kunden beziehungsweise dem Gesetzgeber zugeschrieben. Staatliche Stellen spielen laut den Züchtern für die Entwicklung und Implementierung neuer Strategien nur eine untergeordnete Rolle.
- Rund die Hälfte der Fischzüchter fühlt sich von Verbänden/Vereinen, denen sie angehören, nicht gut vertreten. Auch den Informationsfluss über die EU-weiten Geschehnisse im Bereich Aquakultur betreffend, fühlt sich die Hälfte der befragten Züchter unzureichend informiert. Viele Züchter weisen darauf hin, dass dies aber auch in ihrer Eigenverantwortung liegt.
- Rund die Hälfte der befragten Fischzüchter würden Veränderungen bei den gängigen Aufzuchtmethoden begrüßen. Fünf Züchter haben sich für die Aufzucht von heimischen Bachforellen ausgesprochen. Ebenso wurden auch naturnahe Aufzuchtmethoden sowie verbesserte Besatzstrategien befürwortet. Die Mehrheit der Züchter hat sich allerdings dagegen ausgesprochen, die eigenen Aufzuchtmethoden auf naturnahe Methoden umzustellen. Dafür könnte sich ein überwiegender Teil der Züchter vorstellen, den eigenen Mutterfischstamm durch heimische (autochthone) Bachforellen zu ersetzen. Dies trifft aber vor allem für die kleineren und mittleren Betriebe zu, während die großen Betriebe kein Interesse zeigten.

6. Nachzucht genetisch integrier Populationen

Im Rahmen des genetischen Screenings wurden in der Steiermark einige, aus genetischer Sicht integre, autochthone Populationen gefunden (vergleiche Endbericht der Grazer Arbeitsgruppe). Die Nachzucht von Fischen aus Moos- und Etrachbach passiert aktuell v. a. in einer kleinen Fischzucht in der Nähe von Murau. Eine weitere Population (Modriachwinkelbach) wird in einem weiteren steirischen Betrieb nachgezüchtet. Ein ausführlicher Bericht zum Zuchtprogramm und entsprechende Empfehlungen zum weiteren, mittelfristigen Procedere mit der Nachzucht bzw. zur Etablierung von Zuchtpopulationen (Mutterfischstämme) auf Einzugsgebietsebene werden im Abschlussbericht zu beiden Teilprojekten (NÖ und Steiermark) erfolgen. Bis dahin wird auch projektsintern abzuklären sein, wie die nachgezüchteten Fische (Stämme) an interessierte Fischzuchten weitergegeben werden können und wie zukünftig garantiert werden kann, dass die genetische Variabilität dieser Zuchtfische aufreicht bleibt und gleichzeitig garantiert werden kann, dass keine neuerlichen Vermischungen mit fremden Material erfolgen (Qualitätssicherung).

Auch in Niederösterreich ist mittlerweile ein Nachzuchtprojekt von Fischen aus dem Kleinen Kamp (Waldviertel) für den Nationalpark Thayatal initiiert worden, das aber außerhalb von Troutcheck durchgeführt wird (Holzer et al. 2007-2012).

Der erste Laichfischfang in Etrach- und Moosbach, beide Gewässer befinden sich im Mur-Einzugsgebiet, erfolgte bereits im Jahr 2006. Die im Winter 2006/2007 erbrüteten Jungfische der beiden Populationen sind aktuell so genannte 2+ Fische, also noch nicht 3jährig. In einem, eher aber in zwei Jahren werden diese Fische laichreif sein und können folglich zur Weiterzucht im größeren Umfang herangezogen werden.

7. Literatur

Aprahamian, M.W., K.M. Smith, P. McGinnity, S. Mc Kelvey, J. Taylor, 2003, "Restocking of Salmonids – Opportunities and Limitations", *Fisheries Research* 62: 211 – 227

AQUAWILD, 2002, "Performance and Ecological Impacts of Introduced and Escaped Fish: Physiological and Behavioural Mechanisms", Final Report to: European Commission, National Board of Fisheries, Institute of Freshwater Research, Sweden

Bachman, R.A., 1984, "Foraging Behavior of Free-Ranging Wild and hatchery Brown Trout in a Stream", *Transactions of the American Fisheries Society* 113, 1 – 32

Berejikian, B.A., R.J.F. Smith, E.P. Tezak, S.L. Schroder, C.M. Knudsen, 1999, "Chemical Alarm Signals and Complex Hatchery Rearing Habitats Affect Antipredator Behavior and Survival of Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) Juveniles", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 830 – 838

Berejikian, B.A., E.P. Tezak, 2005, "Rearing in Enriched Hatchery Tanks Improves Dorsal Fin Quality of Juvenile Steelhead", *North American Journal of Aquaculture* 67: 289 – 293

Bohlin, T., L.F. Sundström, J.I. Sundström, J. Höjesjö, J. Petterson, 2002, "Density-Dependent Growth in Brown Trout: Effects of Introducing Wild and Hatchery Fish", *Journal of Animal Ecology* 71: 683 – 692

Brown, G.E., R.J.F. Smith, 1998, "Acquired Predator Recognition in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): Conditioning Hatchery – Reared Fish to Recognize Chemical Cues of a Predator", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 611 – 617

Brown, C., R.L. Day, 2002, "The Future of Stock Enhancements: Lessons for Hatchery Practice from Conservation Biology", *Fish and Fisheries* 3: 79 – 94

Cowx, I.G., 1998, "Stocking Strategies: Issues and Options for Future Enhancement Programmes", In: Cowx, I.G. (Ed.), "Stocking and Introduction of Fish", Fishing News Book, Hull International Fisheries Institute, University of Hull, pp: 3 – 13

Dannewitz, J., 2003, "Genetic and Ecological Consequences of Fish Releases: With Focus on Supportive Breeding of Brown Trout *Salmo trutta* and Translocation of European Eel *Anguilla anguilla*", PhD thesis, Department of Evolutionary Biology, Uppsala University, Sweden

Einum, S., I.A. Fleming, 2001, "Implications of Stocking: Ecological Interactions Between Wild and Released Salmonids", *Nordic Journal of Freshwater Research* 75: 56 – 70

Ferguson, A., 1989, "Genetic differences among brown trout, *Salmo trutta*, stocks and their importance for the conservation and management of the species", *Freshwater Biology* 21, pp: 35 – 46

Flagg, T.A., C. E. Nash, 1999, "A Conceptual Framework for Conservation Hatchery Strategies for Pacific Salmonids", U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-38, 46 p., U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-38, 48 p.

- Flagg, T.A., B.A. Berejikian, J.E. Colt, W.W. Dickhoff, L.W. Harrell, D.J. Maynard, C.E. Nash, M.S. Strom, R.N. Iwamoto, C.V.W. Mahnken, 2000, "Ecological and Behavioral Impacts of Artificial Production Strategies on the Abundance of Wild Salmon Populations - A Review of Practices in the Pacific Northwest", National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, Resource Enhancement and Utilization Technologies, 2725 Montlake Blvd. E., Seattle, WA-98112-2097
- Fleming, I.A., B. Jonsson, M.R. Gross, 1994, "Phenotypic Divergence of Sea-ranched, Farmed, and Wild Salmon", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51: 2808 – 2824
- Fleming, I. A., E. Petersson, 2001, "The Ability of Released, Hatchery Salmonids to Breed and Contribute to the Natural Productivity of Wild Populations", Nordic Journal of Freshwater Research 75: 71 – 98
- Fleming, I.A., A. Thorleifur, F. Bengt, J.I. Johnsson, B.T. Björnsson, 2002, "Effects of Domestication on Growth Physiology and Endocrinology of Atlantic Salmon (*Salmo salar*)", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59(8): 1323 – 1330
- Ford, M.J., 2002, "Selection in Captivity during Supportive Breeding May Reduce Fitness in the Wild", Conservation Biology 16, No. 3: 815 - 825
- Ford, J., R. Myers, 2008, "A Global Assessment of Salmon Aquaculture Impacts on Wild Salmonids", PLoS Biol. 6(2): e33
- Fuchshuber, S., 2009, „Besatzversuch mit 1+ Bachforellen (*Salmo trutta L.*) in drei niederösterreichischen Bächen, im Rahmen der Projektsinitiative „Troutcheck““, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, 114pp
- Gross, M.R., 1998, "One Species with Two Biologies: Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in the wild and in Aquaculture", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 (1): 131 – 144
- Hatchery Reform, 2004, "Hatchery Reform: Principles and Recommendations of the Hatchery Scientific Review Group", Hatchery Scientific Review Group (HSRG), L. Mobrand, J. Barr, L. Blankenship, D. Campton, T. Evelyn, T. Flagg, C. Mahnken, R. Piper, P. Seidel, L. Seeb, B. Smoker, 1305 Fourth Avenue, Suite 810, Seattle, WA98101
- Heath, D.D., J.W. Heath, C.A. Bryden, R.M. Johnson, C.W. Fox, 2003, "Rapid Evolution of Egg Size in Captive Salmon", Science 299: 1738 – 1740
- Hill, M.S., G.B. Zydlewski, W.L. Gale, 2006, "Comparisons between Hatchery and Wild Steelhead Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Smolts: Physiology and Habitat Use", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63: 1627 – 1638
- Holzer G., S. Weiss, G. Unfer, M. Gallowitsch, C. Gumpinger (2007-2012): Aufbau eines Mutterfischstammes der Bachforelle für den Nationalpark Thayatal.
- Holzer, G., A. Peter, H. Renz, E. Staub, 2003, "Fischereiliche Bewirtschaftung heute – vom klassischen Fischbesatz zum ökologischen Fischereimanagement", Teilprojekt-Nr. 00/15, EAWAG

- Holzer, G., G. Unfer, M. Hinterhofer, 2004, "Gedanken und Vorschläge zu einer Neuorientierung der fischereilichen Bewirtschaftung österreichischer Salmonidengewässer", Österreichs Fischerei 57: 232 – 248
- Huntingford, F.A., 2004, "Implications of Domestication and Rearing Conditions for the Behaviour of Cultivated Fishes", Journal of Fish Biology 65(A): 122 – 142
- Johnson, J.H., J.F. McKeon, D.S. Dropkin, 1996, "Comparative Diets of Hatchery and Wild Atlantic Salmon Smolts in the Merrimack River", North American Journal of Fisheries Management 16: 440 – 444
- Kaufmann, H., 2009, „Besatzversuch mit 0+ Bachforellen (*Salmo trutta L.*) in drei niederösterreichischen Bächen, im Rahmen der Projektsinitiative „Troutcheck““, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, 85pp.
- Lahnsteiner, F., A. Jagsch, 2005, "Changes in Phenotype and Genotype of Austrian *Salmo trutta* Populations during the last Century", Environmental Biology of Fishes 74: 51 – 65
- Largiadèr, R., D. Hefti, 2002, "Genetische Aspekte des Schutzes und der Nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischarten", Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, 3003 Bern
- Laikre, L. (ed.), 1999, "Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe", Report by the concerted action on identification, management and exploitation of genetic resources in the brown trout (*Salmo trutta*) (TROUTCONCERT; EU FAIR CT97-3882).
- Maynard, D.J., T.A. Flagg, C.V.W. Mahnken, 1996, "A Review of Seminatural Culture Strategies for Enhancing the Postrelease Survival of Anadromous Salmonids", In: "Development of a Natural Rearing System to Improve Supplemental Fish Quality", 1991 – 1995 Progress Report, Project No. 199105500, 233 electronic pages, (BPA Report DOE/BP-20651-1)
- Maynard, D.J., J.L. Hackett, M.R. Wastel, A.L. LaRae, G.C. McDowell, T.A. Flagg, C.V.W. Mahnken, 2001, "The Effect of Automated Sub-Surface Feeders on the Behavior and Predator Vulnerability of Fall Chinook Salmon", In: "Development of a Natural Rearing System to Improve Supplemental Fish Quality", 1996 – 1998 Progress Report, Project NO: 199105500, 174 electronic pages, (BPA Report DOE/BP-0004768-1)
- Maynard, D.J., T.A. Flagg, R.N. Iwamoto, C.V.W. Mahnken, 2004, "A Review of Recent Studies Investigating Seminatural Rearing Strategies as a Tool for Increase Pacific Salmon Postrelease Survival", In: "Development of a Natural Rearing System to Improve Supplemental Fish Quality", 2004 Final Report, Project No. 199195500, 174 electronic pages, (BPA Report DOE/BP-00004768-2)
- Metcalf, N.B., S.K. Valdimarsson, I. J. Morgan, 2003, "The Relative Roles of Domestication, Rearing Environment, Prior Residence and Body Size in Deciding Territorial Contests Between Hatchery and Wild Juvenile Salmon", Journal of Applied Ecology 40: 535 – 544
- Olla, B.L., W. Davis, C.H. Ryer, 1996, "Predation on Hatchery-Reared Pacific Salmon: Possible Causes of Vulnerability; A Literature Review, Synthesis, and Preliminary Experiments", In: "Development of a Natural Rearing System to Improve Supplemental Fish Quality", 1991 – 1995 Progress Report, Project No. 199105500, 233 electronic pages, (BPA Report DOE/BP-20651-1)
- Petersson, E., T. Järvi, N.G. Steffner, B. Ragnarsson, 1996, "The Effect of Domestication on Some Life History Traits of Sea Trout and Atlantic Salmon", Journal of Fish Biology 48: 776 – 791

- Philippart, J.C., 1995, "Is Captive Breeding an Effective Solution for the Preservation of Endemic Species?", *Biological Conservation* 72: 281 – 295
- Pinter, K., 2008, "Rearing and Stocking of Brown Trout, *Salmo trutta* L.: Literature Review and Survey of Austrian Fish Farmers within the Frame of the Project-Initiative Troutcheck", Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien, 120pp
- Quinn, T., 2005, "The Behavior and Ecology of Pacific salmon and Trout", University of Washington Press
- Riedl, C., 2009, "Gewässerbewertung hinsichtlich der Lebensraumeignung für juvenile Bachforellen im Rahmen der Projektsinitiative Troutcheck", Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, 121pp
- Jungwirth, M, G. Haidvogel, O. Moog, S. Muhar, S. Schmutz, 2003, "Angewandte Fischökologie an Fließgewässern", UTB, Stuttgart, 547p.
- Salvanes, A.G.V., 2001, "Ocean Ranching", In: *Encyclopedia of Ocean Sciences* (eds. J. Steele, K. K. Turkian and S. A. Thorpe), Academic Press 4: 1973 - 1982
- Smith, M.L., 2004, "Perceptions About Science and Scientism in Fisheries Management: An Angler's View", *American Fisheries Symposium* 44: 145 – 149, In: "Propagated Fish in Resource Management ", *American Fisheries Society Symposium* 44, Bethesda, Maryland 2004
- Snyder, N.F.R., Derrickson S.R., Beissinger S.R., Wiley, J.W., Smith T.B., Toone W.D., Miller B., 1996, "Limitations of Captive Breeding in Endangered Species Recovery", *Conservation Biology* 10 No.2: 338 – 348
- Taylor, E.B., 1986, "Differences in Morphology between Wild and Hatchery Populations of Juvenile Coho Salmon", *The Progressive Fish-Culturist* 48: 171 – 176
- Vidregar, D., T. Petering, P. Kline, 2003, "Chinook Salmon Seminatual Rearing Experiment: Sawtooth and Clearwater Fish Hatcheries, Idaho; 1992–2003 Progress Report", Idaho Department of Fish and Game, 600 South Walnut Street, IDFG Report Number 03-35
- Weber, E.D., K.D. Fausch, 2003, "Interactions between Hatchery and Wild Salmonids in Streams: Differences in Biology and Evidence for Competition", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 1018 – 1036
- Wiley, R.W., 2004, "Fundamentals of Fisheries Management, 2003: Developments in Wyoming since 1994", *American Fisheries Society Symposium* 44: 139 – 144

Genetische Ergebnisse des Projekts

Steven Weiss, Estelle Lercetau-Köhler, Christian Sturmbauer

Abstract

Die genetischen Analysen dieses Projekts basieren auf 2507 Fischen aus 94 Populationen, darunter auch 10 Fischzuchten und 24 Populationen aus Bayern. Diese Analysen erlaubten es, unter Berücksichtigung anderer Studien in der Region folgende Schlussfolgerungen zu ziehen: (1) Rein donau-stämmige Populationen der Bachforelle ($N = 9$) wurden nur in der Steiermark, in Kärnten und in Osttirol gefunden, in Niederösterreich jedoch nicht (zusätzliche Hinweise von außerhalb dieses Projekts belegen, dass einige wenige Populationen Salzburgs und Tirols auch rein donau-stämmiger Natur sind). (2) Das obere Donau-einzugsgebiet in Bayern weist fast 100%-ige atlantik-stämmige Bachforellenpopulationen auf, wobei sich die Genotypen wesentlich vom typischen atlantik-stämmigen Besatzfisch Österreichs unterscheiden. (3) Gekreuzte (Atlantik und Donau) Bachforellenpopulationen in der Steiermark und in Kärnten sind ein Resultat von Besatzmaßnahmen mit atlantischen Fischen, die über mehrere Generationen stattgefunden haben. (4) Im Gegensatz dazu ist die gemischte Herkunft der Bachforellen Niederösterreichs zusätzlich zum Besatz mit atlantik-stämmigen Fischen die Folge natürlicher Kolonisierung aus atlantischen Einzugsgebieten (Rhein und Elbe) während der letzten Eiszeit. (5) Besatzfische der ersten Generation bzw. Kreuzungen (F1) zwischen Besatz- und wilden Fischen der ersten Generation wurden in unserem Datensatz kaum gefunden. (6) Einige Hinweise auf eine künstliche Populationsstruktur (i.e. zwischen zucht-dominierten und wilddominierten Stämmen) wurden in einigen wenigen, sehr stark bewirtschafteten Populationen gefunden. (7) Anzeichen für Inzucht kommen in drei der zehn beprobten Zuchtpopulationen vor. (8) Trotz dieses komplexen Sachverhalts zeigen Bachforellenpopulationen in Zentraleuropa regionale Unterschiede auf, die oft (wenn auch nicht immer) auf einem natürlichen Erbe beruhen. Zum Beispiel weisen Populationen des oberen Kamp-Einzugsgebietes (Waldviertel) große Unterschiede zu anderen Regionen Niederösterreichs auf. Zusätzlich unterscheiden sich reine Donaupopulationen verschiedener Regionen Österreichs stark voneinander. Das bedeutet, es gibt in unseren Gewässern keine einheitliche "Urforelle" oder einen "Donautyp", sondern viele regions-spezifische Meta-Populationen eingebettet in einen Gradienten mit zunehmender Frequenz von Donau-Genotypen.

8. Einleitung

Die Resultate der genetischen Forschung im Rahmen des Troutcheck Projekts können sowohl im Hinblick auf die Interessen der Fischer als auch auf den Naturschutz folgendermaßen kurz zusammengefasst werden.

Erstens haben wir einen relativ schnellen genetischen Test mit hoher Auflösung entwickelt, den man verwenden kann, Bachforellenpopulationen Österreichs bezüglich ihrer allgemeinen Variabilität als auch ihrer Herkunft zu charakterisieren. Dieses genetische Protokoll kann auch bei Experimenten oder unter gewissen Umständen, zum Beispiel um die Herkunftspopulation individueller Fische zu identifizieren, zur Anwendung kommen. Falls die Elternfische bekannt sind, kann der Nachwuchs mit 100%-iger Sicherheit den Eltern zugewiesen werden. Unser Test wurde von einigen anderen Forschergruppen der Region, und zwar in Tschechien und auf dem Balkan, übernommen. Wir haben unser Protokoll vor kurzem auch verwendet, um Fische des Nationalparks Hohe Tauern einem Screening zu unterziehen. So ist es uns zum Beispiel gelungen, einige individuelle Fische einer Zucht in Osttirol zuzuordnen. Später haben wir herausgefunden, dass im Jahr davor tatsächlich mit Fischen dieses Stammes Besatz im Fluss durchgeführt worden waren. Wir haben dieses Protokoll auch verwendet, um unsere Besatzexperimente (siehe Besatzversuch 0+) zu unterstützen, wo immer wir zwischen einem bestimmten Zuchtstamm und autochthonen Fischen ohne die Verwendung von genetischen Markierungstechniken unterscheiden mussten. An dieser Stelle sollte man hervorheben, dass unser genetischer Test zwischen zwei beliebigen (oder gleichzeitig auch zwischen mehr als zwei) Populationen unterscheiden kann, die in einem Fluss oder See freigelassen werden, WENN alle Elternfische der Nachkommenschaft vor dem Experiment typisiert werden.

Dieses Protokoll wurde verwendet, um an 2507 Fischen aus 94 Populationen, darunter auch 10 Fischzuchten und 24 Populationen aus Bayern, ein Screening durchzuführen. Diese Bemühungen erlauben es uns, unter Berücksichtigung anderer Studien in der Region folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- 1) Rein donaustämmige Populationen der Bachforelle (N = 9) wurden nur in der Steiermark, in Kärnten und in Osttirol gefunden, in Niederösterreich jedoch nicht (zusätzliche Hinweise von außerhalb dieses Projekts belegen, dass einige wenige Populationen Salzburgs und Tirols auch rein donaustämmiger Natur sind).
- 2) Das obere Donaueinzugsgebiet in Bayern weist fast 100%-ige atlantikstämmige Bachforellenpopulationen auf, wobei sich die Genotypen wesentlich vom typischen atlantikstämmigen Besatzfisch Österreichs unterscheiden.
- 3) Gekreuzte (Atlantik und Donau) Bachforellenpopulationen in der Steiermark und in Kärnten sind ein Resultat von Besatzmaßnahmen mit atlantischen Fischen, die über mehrere Generationen stattgefunden haben.
- 4) Im Gegensatz dazu ist die gemischte Herkunft der Bachforellen Niederösterreichs zusätzlich zum Besatz mit atlantikstämmigen Fischen die Folge natürlicher Kolonisierung aus atlantischen Einzugsgebieten (Rhein und Elbe) während der letzten Eiszeit.

- 5) Besatzfische der ersten Generation bzw. Kreuzungen (F1) zwischen Besatz- und wilden Fischen der ersten Generation wurden in unserem Datensatz kaum gefunden.
- 6) Einige Hinweise auf eine künstliche Populationsstruktur (i.e. zwischen zucht-dominierten und wild-dominierten Stämmen) wurden in einigen wenigen, sehr stark bewirtschafteten Populationen gefunden.
- 7) Anzeichen für Inzucht kommen in drei der zehn beprobten Zuchtpopulationen vor.
- 8) Trotz dieses komplexen Sachverhalts zeigen Bachforellenpopulationen in Zentraleuropa regionale Unterschiede auf, die oft (wenn auch nicht immer) auf einem natürlichen Erbe beruhen. Zum Beispiel weisen Populationen des oberen Kamp-Einzugsgebietes (Waldviertel) große Unterschiede zu anderen Regionen Niederösterreichs auf. Zusätzlich unterscheiden sich reine Donaupopulationen verschiedener Regionen Österreichs stark voneinander. Das bedeutet, es gibt in unseren Gewässern keine sogenannte "Urforelle" oder einen "Donautyp".

Auf den folgenden Seiten erfolgt eine detailliertere Übersicht, die die Resultate erklärt, wobei Wert auf eine relativ nicht-technische Ausdrucksweise gelegt wird. Ein ausführlicher Endbericht, der die gemeinsamen Resultate des Instituts für Zoologie der Karl-Franzens-Universität Graz und des Instituts für Hydrobiologie und Gewässermanagement der Universität für Bodenkultur Wien enthalten wird, ist in Vorbereitung.

9. Überblick über die Populationsbeprobung

Insgesamt wurden im Rahmen des Troutcheck Projekts Proben von 2507 Bachforellen aus 94 Populationen analysiert (Tabelle 1). Die Proben bestanden aus kleinen Flossenstücken, die vor allem lebenden Fischen entnommen wurden und in 1.5ml große, mit 96% Ethanol gefüllte Kunststofffläschchen, eingelegt wurden.

Tabelle 1: Die Anzahl der beprobten Populationen, ihre Region, und die Anzahl der analysierten Fische pro Region.

Region	Anzahl der Pop.	Anzahl Fische
NÖ	20	666
Steiermark	19	584
Kärnten	14	241
OÖ (Mühlviertel/Kalkalpen)	5	99
Osttirol	1	19
Salzburg	1	40
Bayern/Elbe	6	137
Bayern/Rhein	6	145
Bayern/Donau	12	280
Zucht/Steiermark	4	116
Zucht/NÖ	3	90
Zucht/OÖ	1	26
Zucht/Dänemark	1	40
Zucht/Tschechien	1	24
Gesamt	94	2507

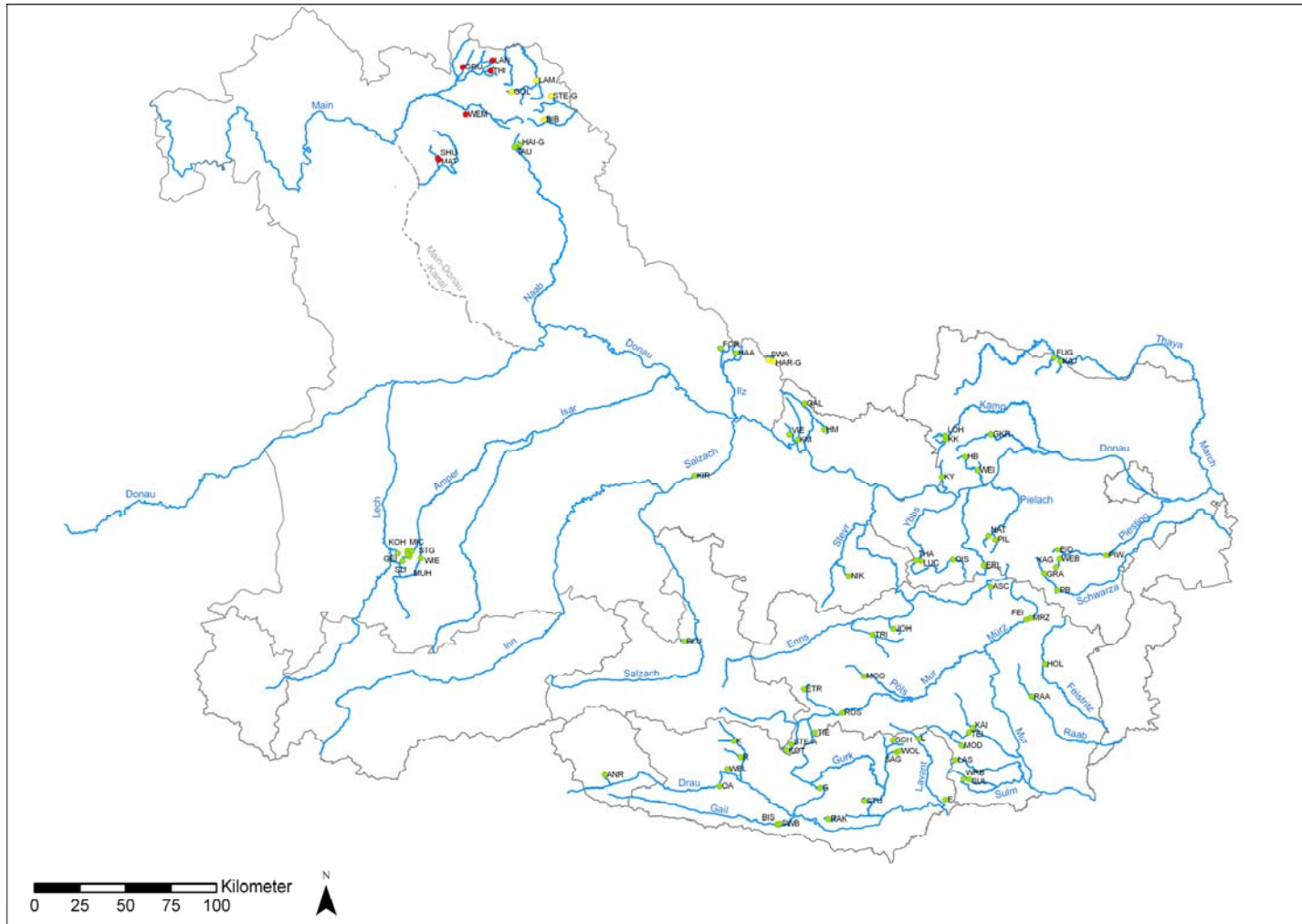


Abbildung 1: Karte aller 94 Probestellen farbkodiert nach den wichtigsten Einzugsgebieten. Grün steht für die Donau, rot für den Rhein und gelb für die Elbe.

Während die Beprobung aller Populationen aus Niederösterreich, der Steiermark und der 10 Zuchtpopulationen durch die Finanzierung des Troutcheck Projekt abgedeckt wurde, stammen die Proben aus den 24 bayerischen Populationen aus Zeiten vor Beginn des Troutcheck Projekts und wurden uns großzügigerweise von Dr. Ulrich Schliewen von der Zoologischen Stadtsammlung München zur Verfügung gestellt. Die 14 Kärntner Populationen wurden unter Vergabe kleinerer Verträge über den Naturschutzbund Kärnten untersucht. Die verbliebenen Populationsproben stammen aus dem Besitz des Instituts für Zoologie der Karl-Franzens-Universität Graz und sind das Resultat früherer Untersuchungen. Während der Schwerpunkt des Troutcheck Projekts auf Niederösterreich und der Steiermark liegt, lieferten diese zusätzlichen Proben, vor allem jene aus Bayern, extrem hilfreiche Hinweise auf die Ursachen genetischer Variabilität der Bachforelle in unserer Region. Die Proben wurden auf drei unterschiedliche Arten genetischer Marker hin analysiert.

Bevor wir die Zusammenfassung der Ergebnisse präsentieren, erklären wir in einfachen Worten den Grund für die Verwendung von drei genetischen Markern.

10. mtDNA & LDH-C

Der Hauptgrund für die Verwendung dieser beiden Marker ist, dass sie zoogeographische Informationen enthalten. Eine Vielzahl von Studien über mtDNA Variation bei Bachforellen in Europa geben uns eine Art Großaufnahme, wie dieses Molekül in großen Einzugsgebieten wie dem der Donau, des Rheins und der Elbe verteilt ist. In unserer Studie wandten wir unseren neuen "Schnelltest" an, um jeden individuellen Fisch dem atlantischen oder dem danubischen Stamm zuzuordnen. Trotzdem, Daten über die mtDNA haben ihre Grenzen, weil es nur um Informationen über die Herkunft der weiblichen Linie eines Fisches geht.

Eine alternative Informationsquelle über die zoogeographische Herkunft von Bachforellen kann in einem Gen gefunden werden, das für eine spezifische Form des Lactat-Dehydrogenase Enzyms kodiert. Dieses so genannte LDH-C* ist durch zwei bekannte Varianten in der Region charakterisiert, das 90* Allel und das 100* Allel. Das 100* Allel ist entwicklungsgeschichtlich gesehen sehr alt und daher im gesamten Verteilungsgebiet der Bachforelle vorhanden, während das 90* Allel wahrscheinlich erst während der letzten Eiszeit (Würm) in der Nordwest-Atlantik Region entstanden ist. Jeder einzelne Fisch hat zwei Kopien dieses Gens, eines stammt vom männlichen, das andere vom weiblichen Elternteil. Daraus ergeben sich drei Möglichkeiten für den Genotyp eines Individuums. Entweder besitzt ein Fisch zwei identische Kopien eines der Allele und wird daher Homozygot genannt oder er besitzt je eine Kopie eines der beiden Allele und wird Heterozygot genannt. Die Genotypen werden entweder als 90/90 oder 100/100 für die zwei möglichen Homozygoten geschrieben, oder 90/100 für die Heterozygoten. Der zu erwartende Genotyp des Donaeinzugsgebiets ist der Homozygot 100/100, während typische Zuchtfische atlantischen Ursprungs 90/90 aufweisen.

Die folgende Tabelle enthält Information über jede beprobte Population als auch die Resultate des Screenings dieser zwei zoogeographisch informativen, genetischen Marker.

Tabelle 2: Komplette Liste aller untersuchten Populationen einschließlich des Einzugsgebiets, der Region, der geographischen Koordinaten, der Anzahl der beprobten Individuen und der Häufigkeit der atlantischen mtDNA als auch atlantischen Variante des LDH-C Gens (i.e. das 90* Allel).

Population	Abkürzung	Einzugsgebiet	Region	(WGS84)		N	Frequenz (%)	
				Lat.	Long.		mtDNA-At	LDH-90*
Grumpelbach	GRU	Rhein/Main/Rodach/Kremnitz	Bayern	50° 18'	11° 22'	19	100,00	100,00
Langenaubach	LAN	Rhein/Main/Rodach	Bayern	50°20'	11° 35'	21	100,00	100,00
Mathelbach	MAT	Rhein/Main/Wiesent/Leinleiter	Bayern	49° 50'	11° 12'	32	100,00	93,94
Schulmühlbach	SHU	Rhein/Main/Wiesent/Leinleiter	Bayern	49° 50'	11° 11'	27	100,00	83,33
Thiemitz	THI	Rhein/Main/Rodach/Wilde Rodach/Thiemitz	Bayern	50° 17'	11° 35'	22	100,00	100,00
WeisserMain	WEM	Rhein/Main	Bayern	50° 03'	11° 39'	24	100,00	95,65
Gesamt		Rhein				145	100,00	95,49
Bibersbach	BIB	Elbe/Eger	Bayern	50° 03'	12° 00'	22	100,00	100,00
Goldbach	GOL	Elbe/Saale/Sächsische Saale/Pulschnitz	Bayern	50° 11'	11° 44'	23	100,00	95,83
Harlandtbach	HAR-G	Elbe/Moldau/Kalte Moldau	Bayern	48° 51'	13° 44'	19	100,00	100,00
Lamitz	LAM	Elbe/Saale/Sächsische Saale	Bayern	50° 14'	11° 56'	23	100,00	93,18
Steinselb	STE-G	Elbe/Eger	Bayern	50° 10'	12° 03'	21	100,00	97,73
Schwarzbach	SWA	Elbe/Moldau/Kalte Moldau	Bayern	48° 51'	13° 42'	23	100,00	100,00
Gesamt		Elbe				131	100,00	97,79
Forellenbach	FOR	Donau/Ilz/Große Ohe	Bayern	48° 55'	13° 21'	21	100,00	100,00
Geiseldoosbach	GEI	Donau/Lech/Rottbach	Bayern	47° 53'	10°58'	24	100,00	65,22
Haarauer Saige	HAA	Donau/Ilz/Kleine Ohe/Sagwasser	Bayern	48° 54'	13° 28'	26	76,92	100,00
Haidenaab	HAI-G	Donau/Naab	Bayern	49° 55'	11° 49'	26	85,00	90,74
Kirnbach	KIR	Donau/Inn	Bayern	48° 17'	13° 9'	20	100,00	87,50
Kohlgraben	KOH	Donau/Isar/Amper/Ammersee/Rott	Bayern	47° 54'	11° 02'	22	73,91	86,84
Milchelbach	MIC	Donau/Isar/Amper/Ammersee/Rott	Bayern	47° 54'	11° 05'	22	86,36	85,00
Mühlbach	MUH	Donau/Isar/Amper/Ammersee/Rott	Bayern	47° 52'	11° 03'	24	100,00	77,27
Schlittbach	SLI	Donau/Isar/Amper/Ammersee/Rott	Bayern	47° 51'	11° 01'	23	100,00	65,91
Steingraben	STG	Donau/Isar/Amper/Ammersee/Rott	Bayern	47° 53'	11° 03'	23	100,00	88,10
Tauritzbach	TAU	Donau/Naab	Bayern	49° 54'	11° 46'	27	100,00	85,19
Wielenbach	WIE	Donau/Lech	Bayern	47° 50'	10° 59'	22	100,00	100,00
Gesamt		Bayerische Donau				280	93,52	85,98
Aschbach	ASC	Donau/Enns	Steiermark	47° 43'	15° 19'	34	76,92	83,33
Blühnbach	BLU	Donau/Inn/Salzach	Salzburg	47° 28'	13° 5'	40	10,00	26,25
Eidechselbach	EID	Donau/Fischa/Piesting	NÖ	47° 54'	15° 49'	29	36,67	91,67
Erlauf	ERL	Donau	NÖ	47° 50'	15° 17'	23	75,00	70,83

Fugnitz	FUG	Donau/March/Thaya	NÖ	48° 51'	15° 50'	28	100,00	98,21
Galgenbach	GAL	Donau/Große Mühle	Oberösterreich	48° 38'	13° 58'	19	13,33	97,37
Grosse Krems	GKR	Donau/Krems	NÖ	48° 28'	15° 21'	39	79,49	93,59
Schwarza	GRA	Donau/Leitha	NÖ	47° 48'	15° 42'	25	100,00	75,00
Höllbach	HB	Donau/Weiten	NÖ	48° 22'	15° 9'	27	33,33	62,96
Hummelmühlbach	HM	Donau/Große Mühle/Steinerne Mühl	Oberösterreich	48° 31'	14° 7'	16	6,25	84,38
Hollerbach	HOL	Donau/Raab	Steiermark	47° 20'	15° 42'	34	77,42	82,81
Johnsbach	JOH	Donau/Enns	Steiermark	47° 31'	14° 36'	33	72,00	74,00
Kaltergang	KAG	Donau/Fischa/Piesting	NÖ	47° 49'	15° 48'	30	86,67	83,33
Kajabach	KAJ	Donau/March/Thaya	NÖ	48° 49'	15° 53'	25	96,43	91,07
Kleiner Kamp	KK	Donau/Kamp/Großer Kamp	NÖ	48° 27'	15° 1'	96	48,45	77,84
Kleine Mühl	KM	Donau	Oberösterreich	48° 28'	13° 55'	15	46,67	76,67
Kleine Ysper	KY	Donau/Ysper	NÖ	48° 16'	14° 59'	20	40,00	87,50
Lohnbach	LOH	Donau/Kamp/Großer Kamp/Kleiner Kamp	NÖ	48° 28'	15° 1'	33	16,67	68,18
Luckenbach	LUC	Donau/Ybbs	NÖ	47° 51'	14° 49'	10	80,00	40,00
Natters (2004)	NAT	Donau/Pielach	NÖ	47° 58'	15° 19'	40	52,50	81,25
Niklbach	NIK	Donau/Enns/Steyr/Paltenbach	Oberösterreich	47° 47'	14° 17'	29	3,45	44,64
Ois (2004)	OIS	Donau	NÖ	47° 52'	15° 3'	59	52,54	62,50
Preinerbach	PB	Donau/Leitha/Schwarza	NÖ	47° 42'	15° 49'	29	51,72	84,48
Pielach	PIL	Donau	NÖ	47° 57'	15° 22'	33	51,52	75,76
Piesting at Wöllersdorf	PIW	Donau/Fischa	NÖ	47° 49'	15° 48'	24	83,33	87,50
Raab	RAA	Donau	Steiermark	47° 10'	15° 36'	28	76,67	79,31
Thannergraben	THA	Donau/Ybbs	NÖ	47° 52'	14° 47'	30	100,00	46,67
Triebenbach	TRI	Donau/Enns	Steiermark	47° 30'	14° 27'	34	47,22	45,71
Viehbach	VIE	Donau/Kleine Mühl/Daylesbach	Oberösterreich	48° 29'	13° 51'	20	73,68	67,50
Weißbach	WEB	Donau/Fischa/Piesting	NÖ	47° 51'	15° 50'	26	52,17	73,21
Weiten	WEI	Donau	NÖ	48° 18'	15° 15'	40	52,50	78,75
Gesamt		Österreichische Donau*				968	76,01	73,94
Etrachbach	ETR	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 14'	13° 57'	30	0,00	0,00
Mürz (Feistritz town)	FEI	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 33'	15° 35'	30	80,00	80,00
Kainach	KAI	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 2'	15° 10'	27	73,08	66,67
Kotalmbach	KOT	Donau/Drau/Mur/Turrach	Steiermark	46° 56'	13° 49'	27	0,00	11,29
Lassnitz	LAS	Donau/Drau/Mur	Steiermark	46° 52'	15° 2'	32	34,38	39,39
Modriachwinkelbach	MOD	Donau/Drau/Mur	Steiermark	46° 56'	15° 5'	34	11,43	48,61
Moosbach	MOO	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 17'	14° 23'	35	0,00	0,00
Mürz	MRZ	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 34'	15° 36'	29	82,76	86,67

Rosenbach	ROS	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 7'	14° 13'	30	100,00	98,15
Steinbach	STE-A	Donau/Drau/Mur/Turrach	Steiermark	46° 57'	13° 51'	26	23,33	53,33
Schwarze Sulm	SUL	Donau/Drau/Mur	Steiermark	46° 46'	15° 8'	37	62,16	77,03
Teigitsch	TEI	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 0'	15° 8'	39	65,00	93,42
Tiefbach	TIE	Donau/Drau/Mur	Steiermark	47° 1'	14° 2'	25	0,00	17,24
Wiesenriegelbach	WRB	Donau/Drau/Mur	Steiermark	46° 46'	15° 6'	20	81,25	81,25
Gesamt		Österreichische Mur*				421	43,81	53,79
Anrasersee	ANR	Donau/Drau/Mühlbach	Ostirol	46° 48'	12° 31'	19	0,00	23,68
Bach in der Schütt	BIS	Donau/Drau/Gail	Kärnten	46° 34'	13° 45'	18	0,00	0,00
Elbach	E	Donau/Drau/Lavant	Kärnten	46° 40'	14° 57'	23	100,00	95,45
Gesgerbach	G	Donau/Drau/Tiebel	Kärnten	46° 44'	14° 4'	20	45,00	32,50
Gößbach	K	Donau/Drau/Lieser/Malta	Kärnten	46° 58'	13° 26'	20	20,00	70,00
Lichtengrabenbach	L	Donau/Drau/Lavant	Kärnten	46° 59'	14° 46'	24	28,00	24,00
Oberallacher Bach	OA	Donau/Drau	Kärnten	46° 45'	13° 20'	16	100,00	84,21
Radlbach	R	Donau/Drau/Lieser	Kärnten	46° 54'	13° 29'	20	20,00	25,00
Rakoutzabach	RAK	Donau/Drau/Gurk/Glan	Kärnten	46° 35'	14° 7'	9	90,00	90,00
Saggrabenbach	SAG	Donau/Drau/Gurk/Görtschitz	Kärnten	46° 55'	14° 37'	10	0,00	0,00
Schafgrabenbach	SCH	Donau/Drau/Gurk/Görtschitz	Kärnten	46° 58'	14° 35'	20	0,00	5,00
Stutterner Bach	STU	Donau/Drau/Gurk	Kärnten	46° 40'	14° 23'	13	7,69	58,33
Stieger Wiesenbach	SWB	Donau/Drau/Gail	Kärnten	46° 34'	13° 46'	16	5,56	11,11
Wellenbach	WEL	Donau/Drau	Kärnten	46° 50'	13° 24'	15	20,00	40,00
Wolfsgrabenbach	WOL	Donau/Drau/Gurk/Görtschitz	Kärnten	46° 55'	14° 38'	17	0,00	0,00
Gesamt		Österreichische Drau*				260	29,08	37,29
Zucht Andritz	AND	Zucht	Steiermark			29	85,19	82,76
Zucht Auebach	AUE	Zucht	Steiermark			30	74,07	51,67
Zucht Tschechien	CZR	Zucht	Tschechien			24	100,00	100,00
Zucht Dolezal	DLZ	Zucht	NÖ			30	100,00	100,00
Zucht Haiml	HAI-H	Zucht	NÖ			31	100,00	77,42
Zucht Härkaer	HAR-H	Zucht	Dänemark			40	100,00	98,75
Zucht Kalwang	KAL	Zucht	Steiermark			30	96,00	90,00
Zucht Spital an der Pyhrn	SPP	Zucht	Oberösterreich			26	95,83	74,00
Zucht Stainz	STA	Zucht	Steiermark			27	100,00	100,00
Zucht Weinzettl	WEZ	Zucht	NÖ			29	89,29	60,34
Gesamt		Zuchten				296	94,04	83,49
GESAMT		ALLE				2057	67,74	71,79

Ein Aspekt, der aus dieser Statistik klar hervorgeht, ist die Tatsache, dass es einen starken parallelen Trend eines zunehmenden Prozentsatzes der Atlantikbecken mtDNA oder des Atlantikbecken LDH-C* 90 Allels gibt, wenn man der Donau flussaufwärts von Südosten nach Nordwesten und dann schlussendlich in das atlantische Einzugsgebiet, das in dieser Studie durch Proben aus dem Rhein- und dem Elbeeinzugsgebiet vertreten ist, folgt. Dieser Trend wird am besten graphisch sichtbar, wobei der Grad der Variation durch ein Vertrauensintervall um einen Mittelwert der Populationen einer jeden Region angezeigt wird (Abbildung 2). In Bayern waren die 12 beprobten Populationen im Donaueinzugsbereich fast 100% atlantischen Ursprungs und somit den 12 Populationen aus dem Rhein und der Elbe sehr ähnlich. Die 10 Zuchtpopulationen zeigen dagegen etwas mehr Variation, wobei die Werte von ein oder vielleicht zwei österreichischen Zuchtpopulationen beeinflusst sein könnten, die einen höheren Anteil an danubischen Fischen aufweisen. Dies kann damit erklärt werden, dass die Manager kontinuierlich wildgefangene Fische (vor allem Männchen) in ihre Produktion einbringen.

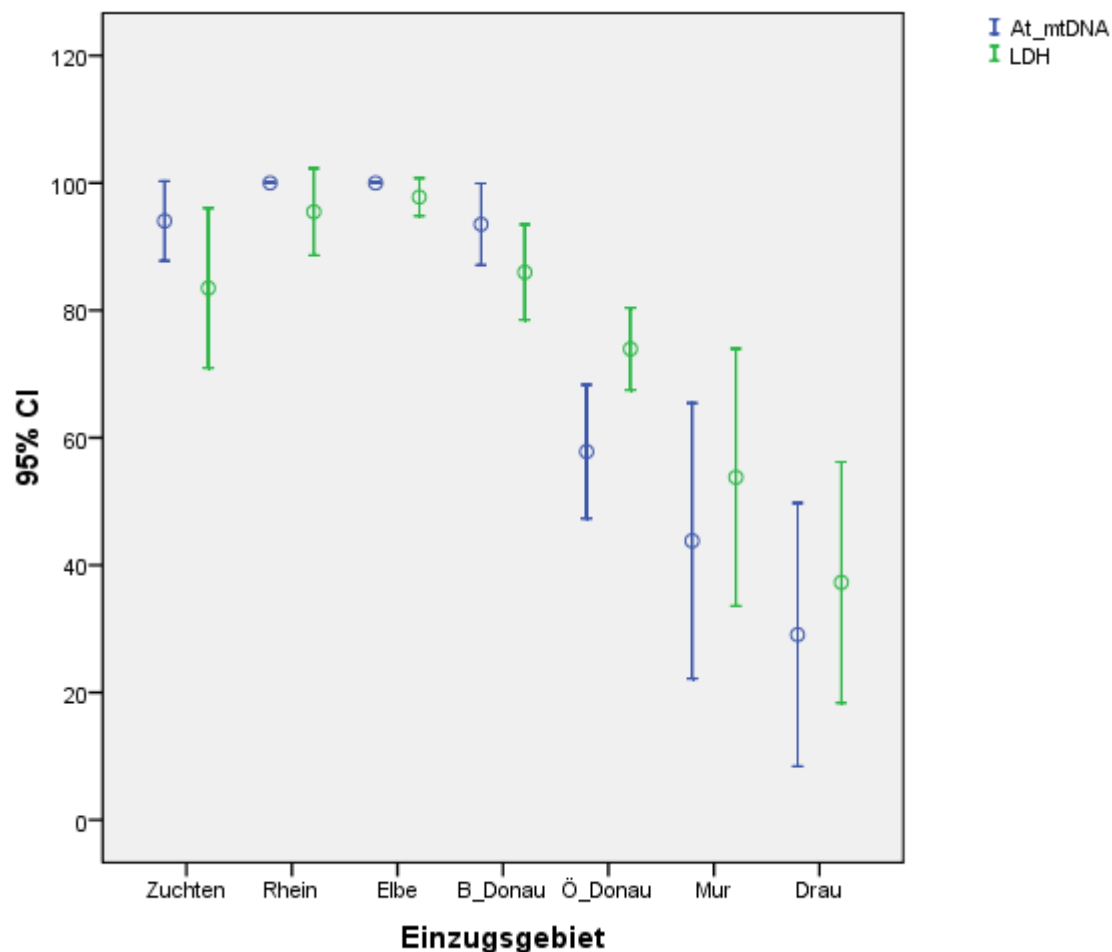


Abbildung 2: 95% Konfidenzintervall um die Mittelwerte des Prozentsatzes atlantischer mtDNA und atlantischer LDH-90 über 94 Populationen, geteilt nach den wichtigsten Einzugsgebieten. Diese Abbildung zeigt den sehr starken regionalen Trend eines zunehmenden Prozentsatzes an Genen des Atlantikbeckens mit zunehmender Bewegung entlang des Donaueinzugsgebiets aufwärts Richtung Nordwesten.

Im Durchschnitt weisen in unserer Studie nur Regionen südlich oder südöstlich der Alpen einen höheren Prozentsatz an Fischen mit danubischen statt atlantischen Genen auf. Die

Varianz dieser Prozentsätze ist, wie die Graphik (Abbildung 2) zeigt, in Österreich sehr groß, weil die Werte vom Mur- und Draueinzugsgebiet insgesamt neun Populationen beinhalten, die zu 100% danubische mtDNA aufweisen, die zu fast 100% aus dem angestammten LDH-100* Allel besteht. Aus einer früheren Studie (TROUT EXAM INVEST) wissen wir, dass diese Regionen nicht die einzigen in Österreich sind, die Populationen reinen Donauursprungs enthalten. Wir haben auch zusätzliche Populationen reiner danubischer Forellen in Salzburg identifiziert, und einige in Tirol, interessanterweise in vormals vergletscherten Gegenden, hoch oben im Oberlauf. Tabelle 3 gibt einen Überblick über rein danubische Populationen, die im Rahmen dieser Studie identifiziert wurden.

Tabelle 3: Anzahl und Prozentsatz rein danubischer Populationen, die in dieser Studie entdeckt wurden.

Region	Populationen	Rein donaustämmige Populationen	
		100% Da mtDNA	100% LDH 100/100
Kärnten	14	4 (28%)	3 (16%)
Steiermark	19	4 (21%)	2 (11%)
NÖ*	20	0	0
Oberösterreich*	5	0	0
Osttirol	1	1	0
Salzburg*	1	0	0
Bayern (Donau)	12	0	0

*Höchster Anteil an Donau-mtDNA in NÖ: Lohnbach (83%)

*Salzburg – Blühnbach (90%)

*OÖ – Niklbach (97%); Hummelmühlbach (94%)

Obwohl rein danubische Populationen in den Bundesländern Niederösterreich, Salzburg und Oberösterreich laut obiger Tabelle nicht vorhanden sind, sollten an dieser Stelle doch einige anekdotische Anmerkungen erfolgen. Erstens enthielten im Lohnbach, einem Nebenfluss des Kleinen Kamp, 83% der Proben Donau-mtDNA. Eigentlich waren es sogar 100% jener untersuchten Fische (N = 14), die oberhalb eines Wasserfalls gefangen wurden, die danubische mtDNA aufwiesen, was somit dieses Flusssystem einzigartig im Bundesland macht. Aus Oberösterreich wurden nur fünf Populationen in die Studie miteinbezogen, aber einige des Nationalparks Kalkalpen hatten auch fast 100% danubische mtDNA (Niklbach und Hummelmühlbach) (Weiss et al 2001). Zu guter Letzt ist eine einzige Population aus Salzburg (Blühnbach) durch 90% danubische mtDNA charakterisiert. Zwar ist dies nicht typisch für das Bundesland, jedoch wurde diese spezifische Population mit Absicht in die Analyse miteinbezogen, da fast reiner danubischer Ursprung aus vorangegangenen Studien bekannt war. Eine derzeitige Folgestudie in Salzburg innerhalb der Grenzen des Nationalparks Hohe Tauern weist ebenfalls auf einige reine danubische Populationen hin (Weiss et al 2009). Die Population aus Osttirol, die in dieser Studie aufscheint, wurde ursprünglich vor über 10 Jahren untersucht und war damals gemeinsam mit der Population aus dem Gossenköllesee in Tirol die einzige, die 100% danubische mtDNA enthielt. Daher ist unser Erfolg, noch mehr solcher Populationen in Österreich entdeckt zu haben, bemerkenswert. Interessanterweise befinden sich, mit Ausnahme der steirischen, alle Populationen in vormals vergletscherten, hoch gelegenen Gegenden. Die verbleibenden Populationen, inklusive aller niederösterreichischen, scheinen eine Kreuzung aus altantischen und danubischen Fischen zu sein. Um jedoch ihre

genetische Verwandtschaft besser zu verstehen, ist es nötig, die dritte Kategorie genetischer Marker vorzustellen.

11. Mikrosatelliten

Den dritten Typ genetischer Marker, der in dieser Studie zur Anwendung kommt, nennt man Mikrosatelliten. Mikrosatelliten sind Teile der DNA, die oft wiederholt werden, in allen Organismen vorkommen und hoch variabel sind. Mikrosatelliten kommen in der Gerichtsmedizin und bei Vaterschaftsnachweisen zum Einsatz. Es gibt eine Reihe von Gründen, warum wir diese Marker in unserer Bachforellenforschung verwenden. Als erstes werden Mikrosatelliten von beiden Elternteilen vererbt. Zweitens sind sie so variabel, dass es möglich ist, feine Unterschiede in Populationen zu erkennen oder sogar diese Information zu verwenden, um Individuen bestimmten Populationen zuzuordnen. Mikrosatelliten sind auch hilfreich, um die biologischen Strukturen einer jeden Population zu bestimmen. Zum Beispiel kann man bei der Anwendung des Hardy-Weinberg Prinzips (auch Hardy-Weinberg Equilibrium HWE genannt) feststellen, ob eine Stichprobe von Individuen, die von einem Ort stammt, tatsächlich eine Population darstellt. Wenn eine Stichprobe eine Kreuzung aus Zucht- und Wildfischen ist, dann haben wir es nicht mit einer, sondern mit zwei Populationen zu tun. Unter Verwendung des HWE Prinzips kann man die Unterschiede SOGAR dann erkennen, wenn die Zucht- und Wildformen sehr eng verwandt sind. Eine Abweichung vom HWE in eine negative Richtung bedeutet nämlich, dass es mehr als eine Fortpflanzungseinheit in der Stichprobe gibt. Im Gegensatz dazu bedeutet eine Abweichung vom HWE in eine positive Richtung, dass die Probe "ingezüchtete" Individuen oder enge Verwandte enthält. Das würden wir bei einem kleinen Fischzuchtbetrieb erwarten, der nur wenige Brutfische aufweist und wo ein gewisser Probenanteil dieselben Eltern besitzt.

Unsere Tests auf Abweichungen vom HWE haben gezeigt, dass 80% der beprobten Populationen (74 aus 94 Populationen) den Erwartungen des Prinzips entsprechen. Das bedeutet nichts anderes als, dass diese Proben von natürlichen Populationen abstammen. Die verbleibenden 20 verteilen sich folgendermaßen. Ungefähr 10 Populationen zeigten eine schwache statistische Abweichung vom HWE, sechs in eine negative und vier in eine positive Richtung. Die sechs in negativer Richtung enthielten auch zwei Populationen aus niederösterreichischen Flüssen (Ois und Pielach), von denen bekannt ist, dass sie stark bewirtschaftet sind, während der Rest sich über unterschiedliche Regionen (z.B. Kärnten, Bayern) verteilt. Die vier Populationen schwach positiver Abweichung stammen aus Fischzuchtbetrieben und drei Populationen von außerhalb Niederösterreichs und der Steiermark. Zehn weitere Populationen zeigen eine starke Abweichung vom HWE. Sieben Populationen weisen in eine negative Richtung und beinhalteten wiederum einige stark bewirtschaftete Populationen aus Niederösterreich (Schwarza, Preinerbach und Piesting). Die verbleibenden drei Populationen mit starker Abweichung vom HWE weisen in eine positive Richtung. Wie nicht anders zu erwarten, kommen zwei aus Fischzuchten. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass wir mit den Resultaten zufrieden sind, da sie belegen, dass die Mehrheit unserer Proben aus natürlichen Populationen stammt und nur wenig Kreuzung zwischen Zuchtfischen der ersten Generation und wilden Fischen beobachtet wurde.

11.1 Grundsätzliche Interpretationen auf Basis der Mikrosatelliten

Insgesamt wurden 11 Mikrosatellitenloci in 2507 Fischen einem Screening unterzogen. So konnten, mit zwei Allelen pro Fisch, über 60.000 Datenpunkte erzeugt werden. Diese Datenmenge, verteilt über viele Populationen in unterschiedlichen Regionen, könnte als Grundlage für hunderte Seiten Analysen und interessante Interpretationen dienen. Wir beschränken uns hier jedoch auf die Interpretation einiger weniger Grundfragen, für die allerdings das gesamte Datenset herangezogen wird.

Erstens, basierend auf der Analyse der mtDNA und der LDH-Gene scheint der Großteil unserer analysierten Populationen und alle die aus Niederösterreich stammen, eine Kreuzung aus danubischen und atlantischen Stämmen zu sein. Bedeutet dies nun, dass all diese Populationen einander ähnlich sind? Können wir die Auswirkungen von Besatz in der genetischen Struktur dieser Populationen von natürlichen Phänomenen abgrenzen?

11.2 Mehr als eine einfache Dichotomie zwischen atlantischen und danubischen Stämmen

Klarerweise ist die Quelle für atlantische Fische in den Populationen der Studie nicht die Selbe. Zum Beispiel rühren die Populationen atlantischer Fische südlich und südöstlich der Alpen aus Besatz mit Zuchtstämmen. Nördlich und nordöstlich der Alpen (NÖ miteinbezogen) ist die Situation jedoch etwas komplexer, da die Quelle des atlantischen Fisches eine stark natürliche Komponente aufweist. Das bedeutet, dass während einer oder mehrerer vorangegangener Eiszeiten, als die wichtigsten Flussbetten oft ihren Verlauf änderten, Fische aus dem Atlantikbecken (i.e. Rhein- und Elbeeinzugsgebiet) auf natürliche Weise die obere Donau kolonisierten, den Großteil, wenn nicht das gesamte heutige Niederösterreich mit eingeschlossen. Diese Interpretation wird durch das komplette Fehlen danubischer Fische in bayerischen Abschnitten des Donaueinzugsbereiches unterstützt. Zusätzlich kann man genau feststellen, dass die genetische Zusammensetzung der bayerischen Donaupopulationen, und besonders jener, die wenig oder gar keine Einflüsse aus Besatz aufweisen (Schliwen et al 2001), sich stark vom typischen Zuchtfisch, kommerzielle Stämme aus Dänemark und Tschechien mit eingeschlossen, unterscheidet. Dieser Unterschied wird in der Graphik über die allgemeine genetische Differenzierung aller 94 Populationen der Studie sichtbar (Abbildung 3). Entlang der x-Achse haben alle Populationen links eine starke atlantische Komponente. Wenn man nun die y-Achse betrachtet, kann man deutlich die Populationen der bayerischen Donau (BD) hoch oben auf der Achse sehen, die sich deutlich von den Zuchtpopulationen (H) im unteren Bereich der y-Achse unterscheiden.

Populationen des österreichischen Donaueinzugsgebiets (AD) häufen sich in der Mitte der Graphik, aber auch in Richtung der reinen Donaupopulationen. Die reinen Donaupopulationen sind zusätzlich mit leuchtend roten Kreisen markiert, was bedeutet, dass sie zu 100% danubische mtDNA aufweisen. Einige AD Populationen zeigen eine zwischenliegende Verwandtschaft, während andere sich von der Hauptgruppe unterscheiden.

Eine dieser repräsentiert die Fische aus dem Waldviertel (Einzugsgebiet des Kleinen Kamp), welche die unterschiedlichste Gruppe Niederösterreichs darstellte.

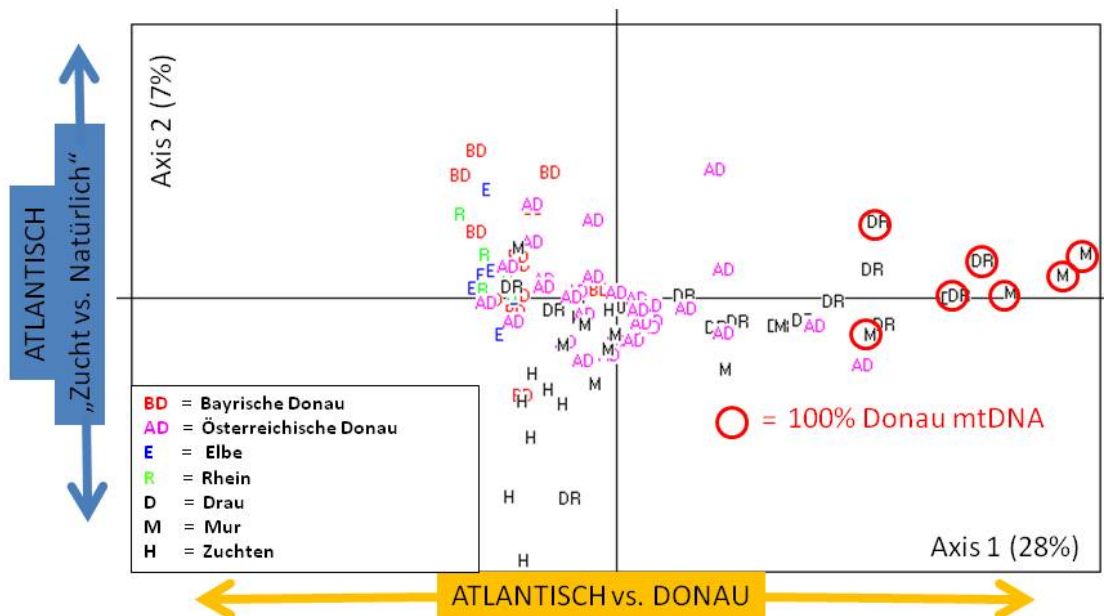


Abbildung 3: Graphische Darstellung der ersten zwei Faktoren einer Hauptkomponenten-Analyse (PCA) aller 94 Populationen basierend auf Mikrosatelliten. Jeder Datenpunkt in der Graphik repräsentiert eine ganze Population. Populationen werden durch ihre Haupteinzugsgegend oder –region kodiert. Die x-Achse zeigt die Unterschiede zwischen rein danubischen Populationen und atlantischen Populationen. Diese Achse ist für 28% der Varianz im gesamten Datenset verantwortlich. Die y-Achse (7%) zeigt die Differenzierung innerhalb des atlantischen Stammes, was wir als Unterschied zwischen natürlichen atlantischen Populationen, wie der aus der bayerischen Donau, und Zuchtpopulationen interpretieren. Die Population “DR”, die mit den Zuchtpopulationen (H) eine Gruppe bildet, stammt aus Kärnten und wurde sehr wahrscheinlich zu 100% mit Zuchtindividuen gegründet. Die roten Kreise heben Populationen aus dem Einzugsgebiet der Mur und Drau hervor, die zu 100% danubische mtDNA aufweisen.

Die Populationen im Zentrum der Graphik sollte man nicht alle als ident ansehen. Erstens ergibt sich ihre engere Verwandtschaft erst im Kontext der großen Unterschiede auf der x- und y-Achse dieser Analyse, wobei andere zusätzliche Achsen kleinere Unterschiede im Datenset aufzeigen würden. Schlussendlich ist dies eine Analyse auf der Ebene der “Population”, die die tatsächliche individuelle genetische Signatur eines jeden einzelnen Fisches unberücksichtigt lässt. Zusätzliche Analysen auf der Ebene des Individuums können verstehen helfen, wie unterschiedlich zwei Populationen voneinander tatsächlich sind. Solche Vergleiche liegen allerdings jenseits der Zielstellung dieses Berichts.

Zum Zweck des Naturschutzes sollte es einleuchten, dass es nicht möglich ist, auf Basis eines simplen Tests, der die Fische in atlantische und danubische Stämme unterteilt, festzustellen, ob Bachforellenpopulationen in Regionen wie Niederösterreich aus reinen oder fast

ausschließlich autochthonen Fischen bestehen. Aber individuelle Fische aus natürlichen Populationen können sehr wohl mit Zuchtfischen verglichen werden und gerade durch diesen Vergleich ist es oft möglich festzustellen, woher der individuelle Fisch stammt, oder ob er eine offensichtliche Kreuzung aus natürlichen Genen und Zuchtgenen darstellt. Solche Analysen (die Daten werden hier nicht angeführt) zeigen, dass die atlantische Komponente der Bachforelle in Niederösterreich nicht aus einer Kreuzung mit rezenten Besatzfischen aus typischen Zuchtstämmen stammt, trotz der Tatsache, dass solche Stämme oft zum Einsatz kommen.

12. Den Ursprung der Kreuzung unter natürlichen Populationen Österreichs verstehen

Um die mögliche Quelle der Kreuzung atlantischer Bachforellenstämmen in den unterschiedlichen untersuchten Regionen zu verstehen, führten wir eine Reihe von Simulationen durch. Die Grundanordnung dieser Tests bezieht den Gebrauch von Referenz-Genotypen (zum Beispiel Zuchtfische und reine Donaufische) mit ein, die sich dann (mittels eines Computerprogramms) mischen und somit eine Reihe von Generationen gekreuzter und rückgekreuzter Fische hervorbringen dürfen (Abbildung 4).

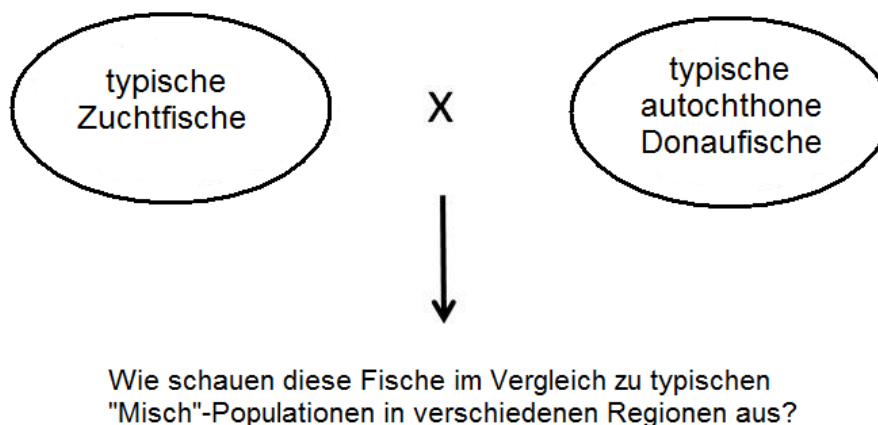


Abbildung 4: Grundsätzliche theoretische Simulationsanordnung hybrider Populationen unter Verwendung des Computerprogramms NewHybrids.

Nach Abschluss der Computersimulation werden die entstandenen Genotypen mehrerer Generationen mit natürlichen Populationen verglichen, wobei wir versuchen, natürlich beprobte Individuen mit einer oder mehreren dieser Hybridkategorien zu vergleichen. Wir haben diese Methode auch bei einer ähnlich gelagerten Fragestellung bezüglich der einheimischen Renke (*Coregonus renke*) und der importierten Maräne (*Coregonus maräne*) in einer Reihe von Alpenseen des Salzkammerguts ausprobiert. Es hat sehr gut funktioniert, F1 Fische (i.e. Kreuzungen zwischen Besatz- und wilden Fischen der ersten Generation) herauszufiltern als auch den Grad der Introgression (Kreuzung) in individuellen Seen festzustellen. Sowohl die natürliche genetische Diversität als auch die Management-Geschichte der Bachforellenpopulationen in Österreich ist viel komplizierter als die von *Coregonus*. Trotzdem ist es uns auf einer allgemeinen Ebene gelungen, einige sehr eindeutige Schlussfolgerungen zu ziehen, wie die folgende Graphik verdeutlicht.

Abbildung 5 zeigt die Zuweisungsergebnisse der Forellen aus dem österreichischen Donaueinzugsgebiet (d.h. unter Ausschluss von Mur und Drau). F1 und F2 sind zwei Hybridengenerationen (F1 eine Kreuzung zwischen autochthonen und Zuchtfischen in der ersten und F2 in der zweiten Generation), während BC_0 (Kreuzung zwischen F1 und autochthonen Fischen) und BC_1 (Kreuzung zwischen F1 und Zuchtfischen) zwei Möglichkeiten darstellen, wie gekreuzte Fische der F1 Generation in den einen oder den anderen Elternstamm zurückgekreuzt werden. Die simulierte Hybridkreuzung wurde zwischen Referenzpopulationen reinen danubischen Ursprungs und Referenzpopulationen einiger reiner oder fast reiner atlantischer Zuchtfische durchgeführt. Die Resultate zeigen, dass kein Fisch einer Erstgenerationskreuzung zwischen einem reinen danubischen und einem reinen atlantischen Zuchtfisch entspricht, dass jedoch zwei Kategorien (nämlich F2 und BC_1) der Zweitgenerationskreuzung in 28% der getesteten Individuen vorhanden sind. Die größte Kategorie (70%) ist durch Zuchtfische vertreten, was nichts anderes bedeutet als, dass die meisten wilden Fische atlantischen Zuchtfischen näher sind als reinen Donaustämmen.

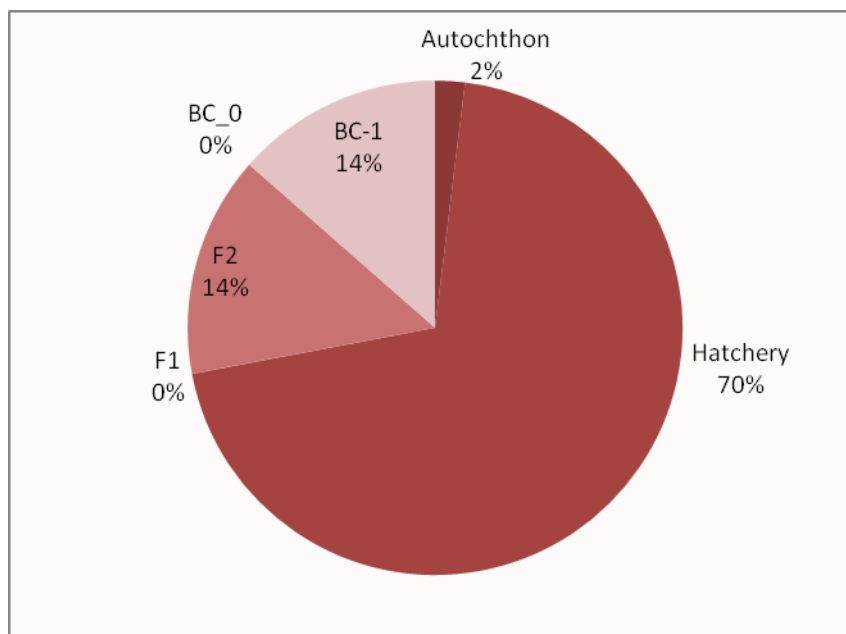


Abbildung 5: Zuweisung individueller Fische aus NÖ in eine oder mehrere hybride oder elterliche Kategorien, basierend auf dem Programm STRUCTURE. Hybridkategorien wurden mittels des Programms NewHybrids erstellt, indem eine simulierte Kreuzung zwischen einigen repräsentativen Elternpopulationen reiner danubischer Fische und einigen Elternpopulationen reiner atlantischer Zuchtfische unternommen wurde. F1 und F2 Kategorien sind die erste und zweite Generation aus Kreuzungen zwischen diesen Elternpopulationen, während BC (0 & 1) Rückkreuzungen zwischen F1 Kreuzungen und einer der anderen Elternpopulationen darstellen.

Das Simulationsexperiment wurde mit Fischen aus der Steiermark und Kärnten wiederholt, wobei sich die Resultate deutlich unterscheiden. Abbildung 6 zeigt, dass 67% der Individuen dieser Region entweder einer der hybriden Kreuzungskategorien oder dem reinen Donaustamm zugewiesen werden konnten. Dadurch werden unsere Schlussfolgerungen, wie sie in den Punkten 3 und 4 am Anfang dieses Berichts (Seite 2) angeführt wurden, vollständig durch diese simulationsgestützten Tests bestätigt. Eine Reihe weiterer Szenarien von Hybridkreuzungen wurden auch getestet, ergaben jedoch keine Ansatzpunkte, die sich dazu eignen würden, die Muster genetischer Variation in Bachforellen unserer Region zu erklären.

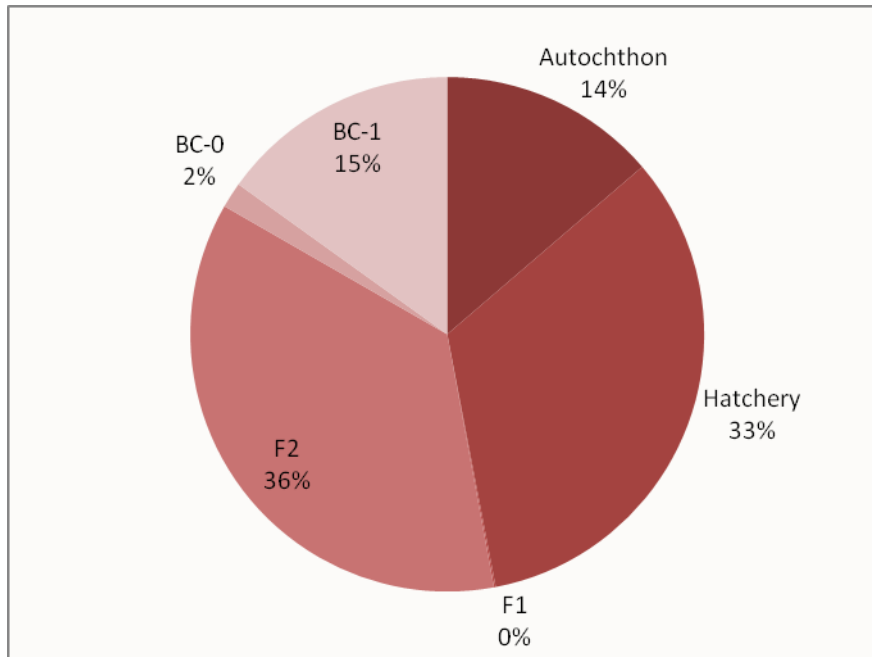


Abbildung 6: Zuweisung individueller Fische aus dem Einzugsgebiet von Mur und Drau, in eine oder mehrere hybride oder elterliche Kategorien, basierend auf dem Programm STRUCTURE. Hybridkategorien wurden mittels des Programms NewHybrids erstellt, indem eine simulierte Kreuzung zwischen einigen repräsentativen Elternpopulationen reiner danubischer Fische und einigen Elternpopulationen reiner atlantischer Zuchtfische unternommen wurde. F1 und F2 Kategorien sind die erste und zweite Generation aus Kreuzungen zwischen diesen Elternpopulationen, während BC (0 & 1) Rückkreuzungen zwischen F1 Kreuzungen und einer der anderen Elternpopulationen darstellen.

Eine letzte Perspektive, die die allgemeine Verwandtschaft der Bachforelle in der Region auf der höchstmöglichen Ebene betrifft, kann durch Mikrosatellitendaten gewonnen werden, indem man einen Baum konstruiert. Abbildung 7 zeigt einen Baum der "Regionen", der auf der sogenannte D_C Chord Distanz beruht, bei der Informationen über Allelhäufigkeiten aus allen Mikrosatellitenloci herangezogen werden. Hier sind die Proben auf ihre jeweiligen Regionen beschränkt, und man kann deutlich sehen, dass die Mur- und Draupopulationen am engsten beisammen sind (unterstützt durch einen 100%igen Bootstrap Wert), während die österreichischen Populationen im allgemeinen, die Zuchtbetriebe miteinbezogen, sich vom Atlantikbecken Rhein und Elbe als auch, sehr überraschend, von der Bayerischen Donau, abheben.

Zusammenfassend scheint der schwierigste Aspekt, den es in unseren Daten zu erklären gilt, nicht notwendigerweise die gemischte Herkunft der Populationen Niederösterreichs zu sein, sondern die mehr oder weniger reine atlantische Abstammung der bayerischen Donaupopulation. So scheint es, dass der Donaustamm der Bachforelle in Bayern entweder nie existiert hat oder komplett durch eine natürliche Invasion des Atlantikstammes vertrieben worden ist.

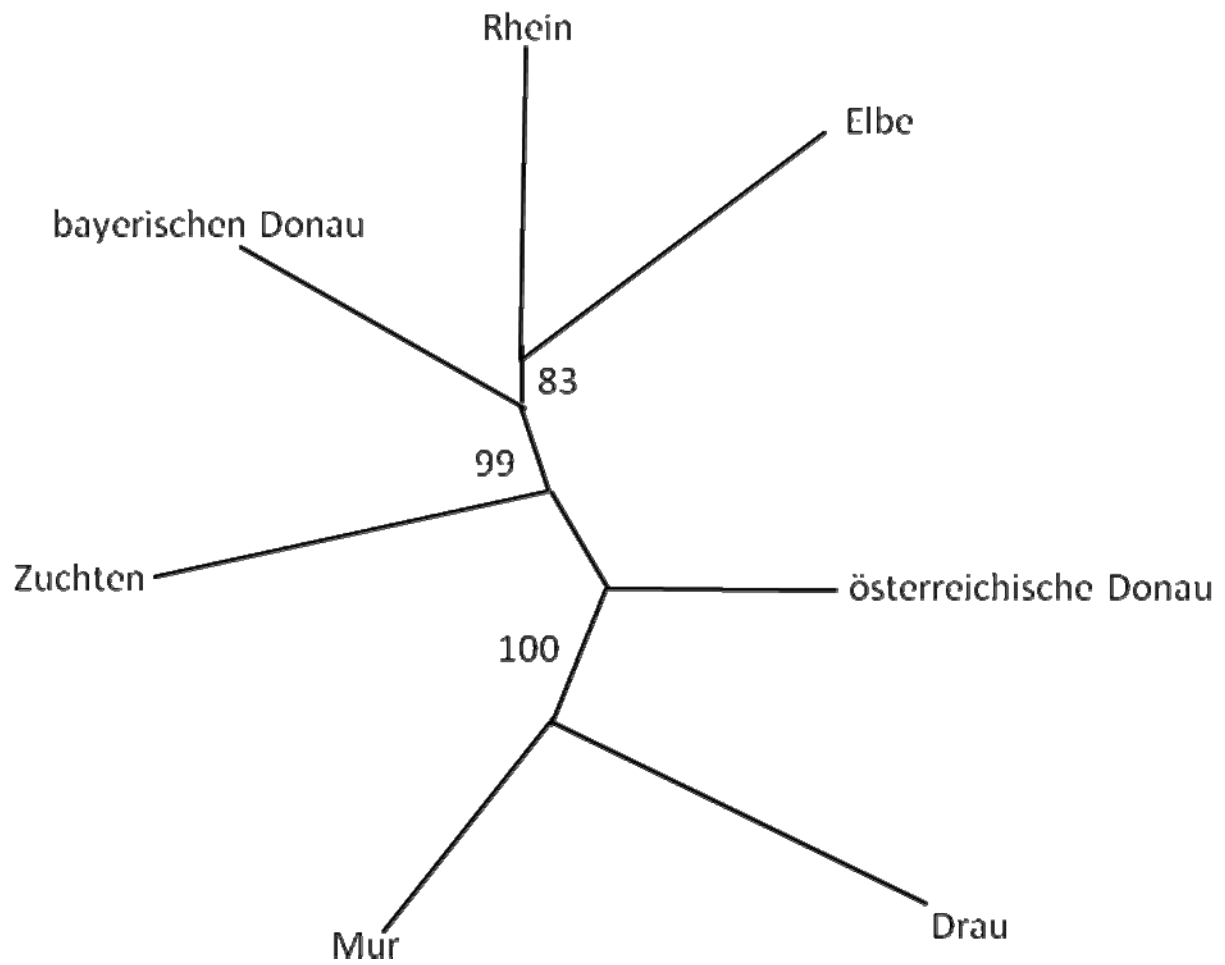


Abbildung 7: Ein gewichteter "neighbor-joining" Distanzbaum basierend auf Chord Distanzen (D_C), die über 11 Mikrosatellitenloci kalkuliert wurden. Die drei Werte an den Knoten wurden mittels Bootstrap (1000 Wiederholungen) über die Loci ermittelt.

13. **Literatur**

Weiss S, Schlötterer C, Waidbacher H, Jungwirth M (2001) Haplotype (mtDNA) diversity of brown trout *Salmo trutta* in tributaries of the Austrian Danube: massive introgression of Atlantic basin fish – by man or nature? *Molecular Ecology* 10, 1241-1246.

Weiss S (2009) Troutcheck Steiermark – Renaturierung heimischer Bachforellenpopulationen – Gastkommentar *Die Zeitschrift des AFV-Graz* 2, 16-19.

Weiss S, Kopun T, Winkler K (2009) Genetische Charakterisierung von ca. 140 Bachforellen (*Salmo trutta*) aus Gewässern Salzburgs. Endbericht Land Salzburg 23 pp.

Sprajc A, Weiss S (2008) Genetische Beurteilung von Bachforellen in Kärnten: Berücksichtigung ihres autochthonen Status. Bericht im Auftrag des Naturschutzbundes Kärnten 15 pp.

Weiss S, Linhares D, Haunschmid R (2001) Vorläufige Untersuchungen der genetischen Diversität der Bachforelle (*Salmo trutta* L.) im Nationalpark Kalkalpen. *Österreichs Fischerei* 55, 45-49.

Schliwen U, Englbrecht C, Rassman K, Miller M, Klein L, Tautz D (2001) Veränderungen der genetischen Vielfalt: Molekulare und populationsökologische Charakterisierung autochthoner und durch Besatz beeinflusster Salmonidenpopulationen (Bachforelle, Alpen Seesaibling) in Bayern. Forschungsbericht 296 85 900 UBA-FB 00018, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 206 pp.