

## Qualitätskriterien für Geschlechtsprodukte von Besatzfischen – abgeleitet aus einer Fallstudie im Nationalpark Thayatal

GEORG HOLZER

*Ingenieurbüro für Landschaftsplanung und Landschaftspflege DI Georg Holzer,  
Schönbrunner Allee 30/5, A-1120 Wien*

### Abstract

#### **Quality criteria for sexual products of stocked fish – derived from a case study in the national park Thayatal**

The river Thaya in the national park Thayatal is a specific case within the Austrian stream landscape. This section was initially a part of the barbel fish region. However, ever since the construction of the hydropower plant in the year 1936 on the Czech side of the park, this section belongs to the lower trout region and grayling region respectively. This change of the fish region and of the temperature regime in the residual river section downstream from the hydropower plant is caused by daily discharge of cold deep water from the water storage area. The original fish-fauna contained a total of 35 species. The two most recent research studies (Spindler, 2008; Holzer, 2009a) showed that in this section only 9 fish species still occur (chub, grayling, brown trout, stone loach, minnow, perch, common gudgeon and bullhead). The hydropower plant at the end of the national park poses another serious challenge. Until today, there are no fish ladders on both hydropower plants. In consequence, the entire 40 km long national park section is isolated and no fish can actively pass this section. In this residual flow reach, all negative impacts of a big hydropower plant still exist. The missing flood dynamic, the sediment detention in the water storage area, as well as the river erosion downstream from the hydropower plant lead to a heavily cemented channel bed, causing damage to appropriate spawning places.

These difficult circumstances raise the question: is spawning and development from eyed eggs to larvae in this section possible? To answer this question, 10 breeding boxes with brown trout eggs were incubated. Thereby, the egg material from 5 different fish farmers was tested. The results of this study show that the daily upsurge has no significant influence on the development from eyed eggs to larvae. However, big differences occurred between the five different egg materials. The hatchability rates ranged from 0%–87%. This article thus analyses why the hatching rates are so different. It explores the factors that influence egg quality and outlines what can be done in the future to produce better sexual products in the aquaculture.

### 1. Einleitung

Die Thaya im Nationalpark Thayatal stellt einen Sonderfall unter Österreichs Flusslandschaften dar. War dieser Abschnitt ursprünglich ein Teil der Barbenregion, gehört dieser Bereich seit dem Bau des Kraftwerkes Frain im Jahr 1936 auf tschechischem Gebiet der Unteren Forellen- bzw. Äschenregion an. Diese Fischregions- bzw. Temperaturregimeveränderung in der Natio-

nalparkstrecke ist auf den Kraftwerksbetrieb zurückzuführen. Das Kraftwerk nutzt zum einen Tiefenwasser, zum anderen arbeitet es zusätzlich im Schwallbetrieb wodurch mehrmals täglich gravierende Pegelschwankungen auftreten.

Die ursprüngliche Fischfauna umfasste insgesamt 35 Arten (Spindler, 2000) und entsprach einer Fischartengemeinschaft der Barbenregion. Die letzten durchgeführten Befischungen (Spindler, 2008; Holzer, 2009a) zeigen, dass in der Nationalparkstrecke aktuell nur mehr 9 Fischarten vorkommen (Aitel, Äsche, Bachforelle, Bachschmerle, Elritze, Flussbarsch, Gründling, Koppe und Rotaugen). War bis in die 90er Jahre die Äsche noch die populationsstärkste Leitfischart in diesem Gewässerabschnitt, führten starke Kormoraneinfälle, die bis heute andauern, zu einem totalen Einbruch der Äschenpopulation. Heute stellt daher die Bachforelle die Leitfischart dar, deren Population allerdings stark von Besatzmaßnahmen gestützt wird. Bei den Kleinfischarten dominiert eindeutig die Koppe.

Einen weiteren gravierenden Eingriff stellt das unpassierbare Kraftwerk am unteren Ende des Nationalparks bei Znaim dar. Die beiden Kraftwerke (Frain/Znaim) schließen somit den gesamten ca. 40 km langen Nationalparkabschnitt der Thaya ein. An beiden Kraftwerken fehlen bis heute Fischaufstiegshilfen; die Kraftwerke stellen somit für Fische unpassierbare Längskontinuumsunterbrechungen dar. Diese Situation führt zu einer Isolation des Nationalparkabschnittes, da keine Fische in diesen Bereich aktiv einwandern können.

Neben der Veränderung von Temperatur und Hydrologie kommen auch alle weiteren negativen Einflüsse von großen Kraftwerken zum Tragen. Die fehlende Hochwasserdynamik, der Geschieberückhalt im Staubereich sowie die Flusseintiefung flussab des Kraftwerkes führen zu einer stark kolmatierten Gewässersohle und somit zum weitgehenden Verlust von geeignetem Laichhabitat für kieslaichende Fische. Die Kombination von fehlendem Geschiebe und mehrmals täglichen starken Schwall-Sunk-Situationen führt zu äußerst ungünstigen Laichbedingungen, und es stellt sich die Frage, ob bei diesen vorherrschenden Bedingungen überhaupt ein Abläichen und eine Eientwicklung bis hin zur Larve möglich ist. Daher wurde in Zusammenarbeit mit der Nationalparkverwaltung ein Bachforellen-Brutboxenprojekt ausgearbeitet. Ziel dieser Untersuchung war, den Einfluss des Schwallbetriebes auf die Eientwicklung von Bachforellen zu überprüfen. Hierzu wurden an einer geeigneten Stelle Bachforellen-Augenpunkte in 10 Brutboxen eingebracht und die Entwicklung bis hin zur Larve dokumentiert (Holzer & Hinterhofer, 2007).

Eine weitere Fragestellung betrifft das verwendete Eimaterial. Hier wurde untersucht, ob es Unterschiede in der Eiqualität von fünf unterschiedlichen Zuchtbetrieben gibt. Derartige Untersuchungen fehlen in Österreich, und daher sind keinerlei Vergleichsdaten vorhanden. Da z. B. in NÖ nur relativ wenige Zuchtbetriebe für die Besatzfischproduktion zuständig sind und teilweise das gewonnene Eimaterial von größeren Zuchtbetrieben auch an kleinere weiterverkauft wird (Pinter, 2008), sind die aus fischereiwirtschaftlicher Sicht so notwendigen Besatzfischzuchten, die lokale Zuchtstämme auf Einzugsgebietsebene produzieren, nach wie vor Zukunftsmusik.

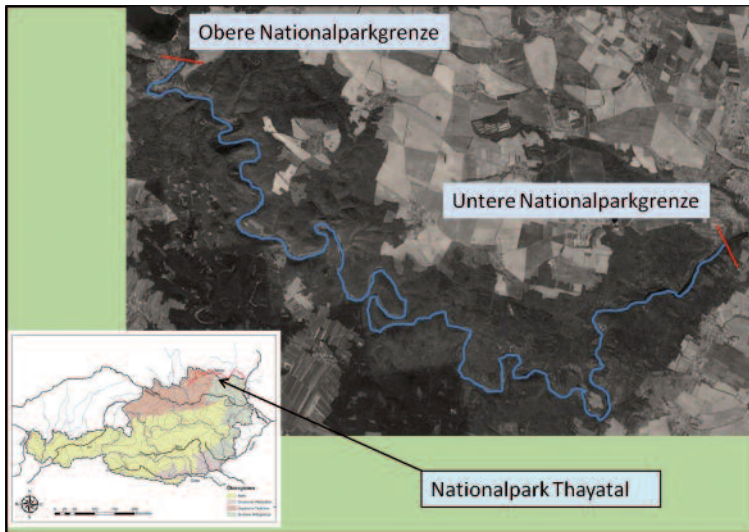
Da die hier verwendeten Eimaterialien in ein und demselben Gewässer sehr unterschiedliche Ergebnisse lieferten (siehe unten), war für den Autor der Anlass gegeben, zu recherchieren, welche Faktoren und Zuchtpraktiken in der Aquakultur maßgeblich auf die Eiqualität wirken, um Erklärungen für die sehr unterschiedlichen Schlupfraten zu liefern.

Diese unter dem Begriff »Qualitätskriterien von Geschlechtsprodukten« zusammengefassten Faktoren werden in der Diskussion behandelt und sind neben der Berücksichtigung der richtigen Abstammung (Genetik) und der Vermeidung von Domestizierungserscheinungen von Besatzfischen eine zukünftig weitere wichtige Herausforderung für die Besatzfischzucht.

Fischzüchtern sollen in der vorliegenden Arbeit neue Ansätze vorgestellt werden, um in Zukunft Geschlechtsprodukte mit höherer Qualität zu produzieren.

## 2. Untersuchungsgebiet

Mit einer Lauflänge von insgesamt 38,9 km fließt die Thaya im Nationalpark durch 4,3 km tschechisches Gebiet, bildet über weitere 23,2 km die Grenze zwischen Tschechien und Öster-



**Abb. 1:** Die Thaya im Nationalpark Thayatal

reich, um anschließend wieder ausschließlich durch tschechisches Hoheitsgebiet zu fließen (ca. 11,4 km). Von den Gefälleverhältnissen her entspricht die Thaya einem stark mäandrierenden Unterlauf eines großen Flusses (Huet, 1949). Durch das anthropogen veränderte Temperaturregime der Thaya (infolge der Stauhaltung bei Frain) stellt sich dieser Abschnitt nunmehr als meta- bis hyporhithrales Fließgewässer mit Schwallenfluss dar.

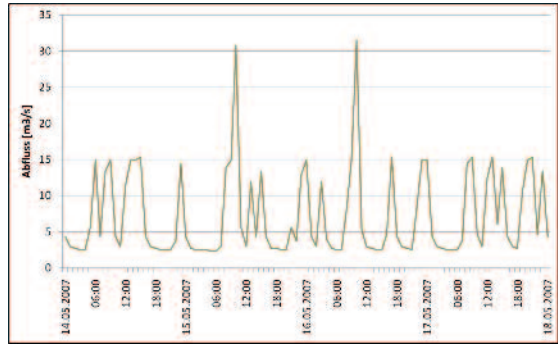
Die Thaya bei Hardegg wird von Moog & Wimmer (1990) als Fluss 6. Ordnung nach Strahler (1957) ausgewiesen. Auf österreichischer Seite münden im Untersuchungsgebiet zwei rechtsufrige Zubringer 3. Ordnung. Hierbei handelt es sich um die Fugnitz sowie um den Kajabach. Das für die Thaya in Raabs erfasste Einzugsgebiet beträgt 1405,8 km<sup>2</sup>, jenes in Hardegg 2382,3 km<sup>2</sup>. Der mittlere Jahresdurchfluss an den Messstellen Raabs an der Thaya und Hardegg beträgt 7,1 m<sup>3</sup>/s respektive 10,1 m<sup>3</sup>/s. Die statistischen Hochwasserereignisse werden beim Pegel Raabs für ein HQ1 mit 90 m<sup>3</sup>/s für ein HQ100 mit 360 m<sup>3</sup>/s angegeben (vgl. Tab. 1).

**Tab. 1: Hydrologische Kenndaten Pegel Raabs an der Thaya** (Hydrologische Daten Land Niederösterreich)

Pegel Raab an der Thaya				
MQ	HQ <sub>1</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>30</sub>	HQ <sub>100</sub>
7,1 m <sup>3</sup> /s	90 m <sup>3</sup> /s	160 m <sup>3</sup> /s	274 m <sup>3</sup> /s	360 m <sup>3</sup> /s

Die Thaya wird bei Raabs dem pluvio-nivalem Abflussregime zugeordnet (Mader et al., 1996). Bei Hardegg weist die Thaya ein pluviales Übergangsregime mit Abflussmaximum im März auf. Die beiden höchsten jemals gemessenen Hochwasserereignisse fanden am 29. 6. 2006 (477 m<sup>3</sup>/s) bzw. am 29. 3. 2006 (345 m<sup>3</sup>/s) statt.

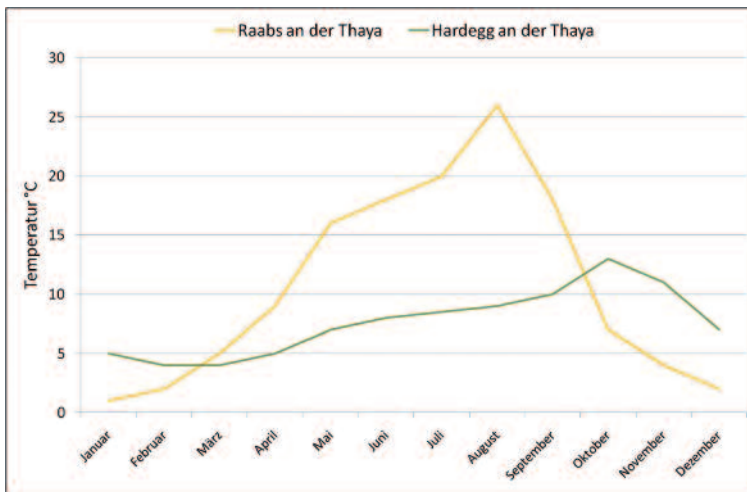
Im Untersuchungsgebiet Nationalpark Thayatal wird das Abflussregime der Thaya wesentlich vom Wasserkraftwerk Frain beeinflusst. Das Wasser dieses tschechischen Kraftwerkes wird im Schwallbetrieb abgearbeitet. Je nachdem, mit wie vielen Turbinen gearbeitet wird, sind entsprechende Wasserstandschwankungen zu beobachten. Diese Schwankungen liegen im Bereich von 60 bis 90 cm (siehe Foto 5). Der Schwall wird ca. 2 Stunden gehalten und zwei- bis dreimal pro Tag abgelassen. Die Abflusswerte der Thaya schwanken hierbei durchschnittlich zwischen 2,5 m<sup>3</sup>/s und 15,3 m<sup>3</sup>/s bzw. 2,5 m<sup>3</sup>/s und 31,5 m<sup>3</sup>/s. Das Sunk-zu-Schwall-Verhältnis beträgt demnach 1:6 bzw. 1:13 (vgl. Abb. 2).



**Abb. 2a und 2b:** Sunk-Schwall Amplitude an der Thaya im Untersuchungsgebiet

Neben dem Abflussregime wird auch das Temperaturregime der Thaya durch das Kraftwerk Frain stark beeinflusst. Abb. 3 zeigt den Temperaturverlauf der beiden Pegel Raabs und Hardegg (Daten stammen vom Kraftwerk Frain nach Angaben der Werksleitung [aus Spindler, 2000]). Beim Pegel Raabs liegt eine Temperaturamplitude von über 20 °C vor. Die höchsten gemessenen Wassertemperaturen liegen hier bei 25,7 °C.

Durch das Ablassen von Tiefenwasser aus dem Kraftwerk Frain wird die Temperaturamplitude deutlich verringert und beträgt nur mehr ca. 10 °C. Die höchsten Wassertemperaturen werden hier mit ca. 13 °C angegeben (vgl. Abb. 6).



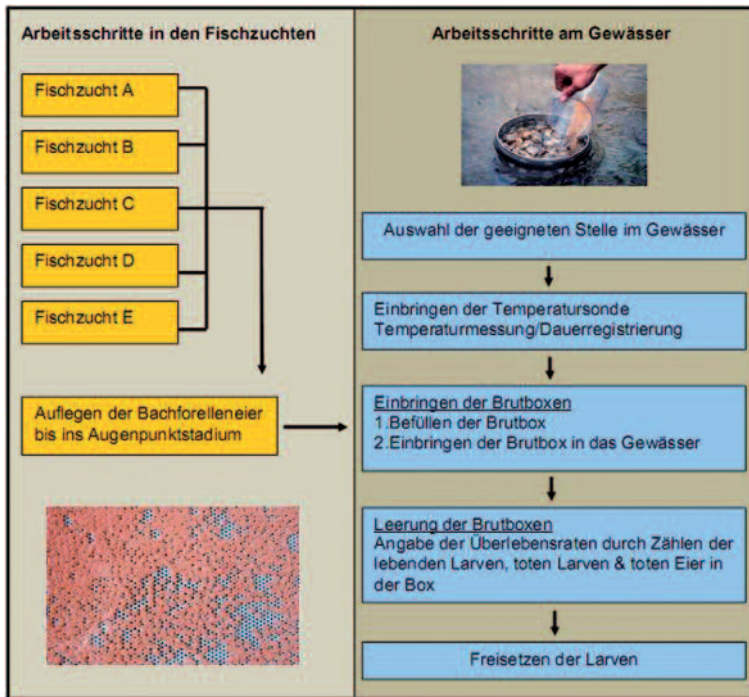
**Abb. 3:** Wassertemperaturverlauf der Thaya bei Hardegg im Vergleich zum Oberlauf der Thaya bei Raabs

### 3. Methodik

Um den Einfluss des mehrmals täglichen Schwall-Sunk-Ereignisses auf das Aufkommen von Bachforelleneiern zu überprüfen, wurden in der Thaya im Nationalparkgebiet Brutboxen mit Bachforellen-Augenpunkteiern eingebracht. Abb. 4 zeigt die notwendigen Arbeitsschritte für die Umsetzung dieser Untersuchung.

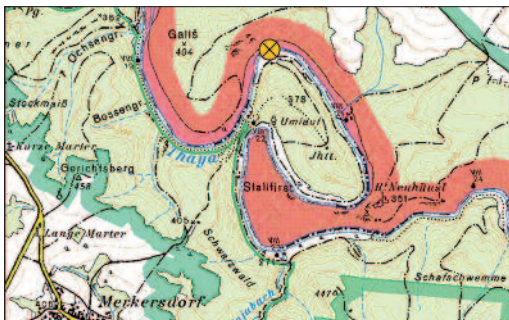
#### *Fischzuchten*

Das Abstreifen und Befruchten sowie das Auflegen der Bachforelleneier bis ins Augenpunktstadium erfolgte in den fünf ausgewählten Fischzuchten. Für diese Untersuchung wurden ca. 4000 Bachforellenaugenpunkteier von jedem Fischzüchter angekauft. Bei den ausgewählten Fischzüchtern handelt es sich um drei niederösterreichische Zuchtanlagen (A, B, C), um



**Abb. 4:** Arbeitsschritte der durchgeführten Untersuchung

eine Zuchtanlage aus Oberösterreich (D) und eine Fischzucht aus Tschechien (E). Die Fischzuchten werden im Folgenden mit den Buchstaben A, B, C, D und E angesprochen. Die Fischzuchten A, B, D und E stellten das benötigte Eimaterial am 17. 1. 2007 bereit, die Fischzucht C lieferten die Bachforellen-Augenpunkteier ca. 2 Wochen später am 6. 2. 2007.



**Abb. 5a und 5b:** Ausgewählte Cocooning-Stelle

**Tab. 2: Abiotische Parameter der Cocooning-Stelle**

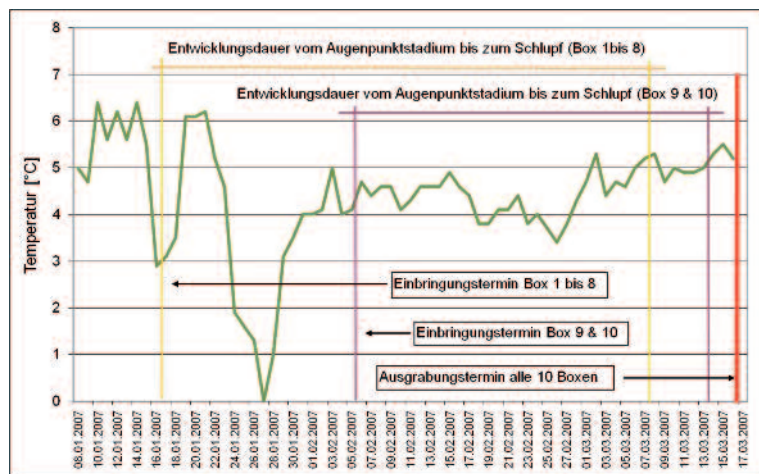
	Fließgeschwindigkeit $V_{\text{mittel}}$ [m/s]	Wassertiefe [cm]	Choriotop (Substrat) Ø [mm]
Cocooning Stelle ohne Schwall	0,3–0,5	30–50	Mesolithal (Steine) 60–200
Cocooning Stelle mit Schwall	0,6–0,9	60–100	Mesolithal (Steine) 60–200

### Auswahl der Brutboxen Stelle

Am 8. 1. 2007 fand eine Begehung des Gewässers im Untersuchungsgebiet statt. Im Zuge dieser Begehung wurde schlussendlich ein Furt-Abschnitt im Bereich des Umlaufgrabens ausgewählt (Abb. 5a und 5b). Die abiotischen Parameter dieser Stelle sind in Tab. 2 dargestellt.

### Temperaturmessung

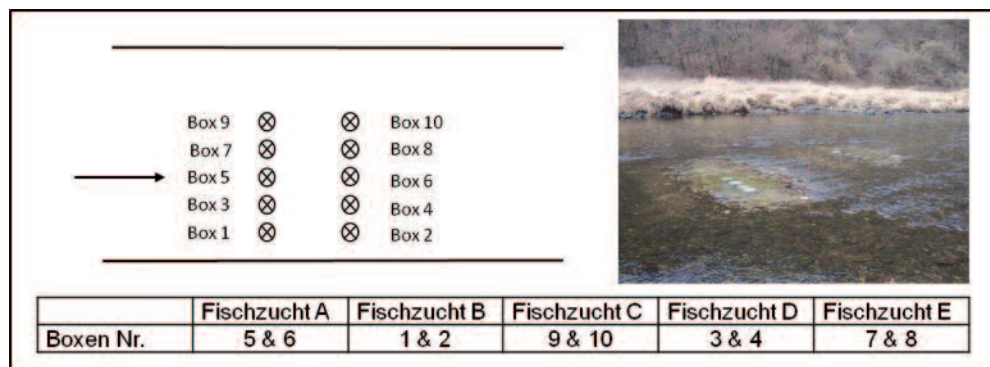
Eine Temperatursonde (Vemco) wurde am 8. 1. 2007 ebenfalls installiert. In Abb. 6 ist der Temperaturverlauf der Thaya vom 8. 1. 2007 bis zum 17. 3. 2007 dargestellt. Der Schlupftermin in den Boxen 1 bis 8, eingebracht am 17. 1. 2007 wurde mit dem 8. 3. 2007 erwartet. Für die Boxen 9 und 10, eingebracht am 6. 2. 2007 wurde als Schlupftermin der 14. 3. 2007 errechnet. Nach Auslesen der Sonde am 10. 3. 2007 wurde der Leerungstermin aller Boxen für den 17. 3. 2007 festgelegt.



**Abb. 6:** Temperaturverlauf der Thaya (8. 1. 2007–17. 3. 2007) mit eingezeichneter Entwicklungsdauer der Bachforellenaugenpunkteier bis zum Schlupf

### Einbringen der Brutboxen

Um das Eimaterial der fünf Fischzüchter untereinander vergleichen zu können, wurden jeweils zwei Boxen pro Züchter mit Augenpunkteiern gefüllt und in zwei Reihen an einer Stelle im Gewässer positioniert. Die schematische Anordnung der Boxen im Gewässer zeigt Abb. 7. Je Erbrütungsbox wurden ca. 200 ml (ca. 2000) Augenpunkteier eingebracht. Die bei der volu-



**Abb. 7:** Die Anordnung der Boxen im Gewässer

metrischen Bestimmung der Eimengen auftretenden Schwankungen ( $\pm 250$  Eier) lassen genaue Aussagen zu den Schlupf- bzw. Überlebensraten zu, da beim Leerungstermin alle Boxen ausgezählt wurden (lebende bzw. tote Larven und abgestorbene Eier).

Auf die Funktionsweise (geschlossener Brutboxentyp, Zweikammersystem, Kolmatierungsschutz) sowie die Handhabung der Boxen (Vergraben der Boxen in der Gewässersohle, verwendete Substratgrößen, Verankerung der Boxen usw.) wird hier nicht näher eingegangen, da der hier verwendete Brutboxentyp (Kokon) schon in einer früheren Ausgabe von Österreichs Fischerei ausführlich beschrieben wurde (Holzer et al., 2011).

#### 4. Ergebnisse

Das Öffnen der Brutboxen erfolgte am 17. 3. 2007. Obwohl die Augenpunkteier aus den fünf Fischzuchten am Einbringungstermin in Ordnung schienen, waren die Schlupf- bzw. Überlebensraten sehr unterschiedlich. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tab. 3 aufgelistet.

Tab. 3: Ergebnisse der Brutboxenuntersuchung an der Thaya

Herkunft	Boxen Nr.	lebende Larven (lL)	tote Larven (tL)	tote Eier	Gesamt	Schlupfrate (=lL+tL)	Überlebensrate (=lL)	Überlebensrate im Durchschnitt
Fischzucht A	Box 5	196	97	1.232	1.525	19%	13%	17%
	Box 6	383	121	1.434	1.938	26%	20%	
Fischzucht B	Box 1	1.537	29	154	1.720	91%	89%	87%
	Box 2	1.335	8	224	1.567	86%	85%	
Fischzucht C	Box 9	519	1.217	124	1.860	93%	28%	29%
	Box 10	593	1.198	174	1.965	91%	30%	
Fischzucht D	Box 3	Totalausfall (Larven geschlüpft, aber tot / nicht ausgezählt)				100%	0%	0%
	Box 4	Totalausfall (Larven geschlüpft, aber tot / nicht ausgezählt)				100%	0%	
Fischzucht E	Box 7	2.020	202	12	2.234	99%	90%	87%
	Box 8	1.273	202	40	1.515	97%	84%	

Fischzucht B (Abb. 9) und E (Abb. 12) erzielten die besten Ergebnisse mit einer durchschnittlichen Überlebensrate der Bachforellenlarven von 87 %, gefolgt von der Fischzucht C (Abb. 10) mit 29% und der Fischzucht A (Abb. 8) mit 17%. Fischzucht D (Abb. 11) erzielte das schlechteste Resultat. Die Schlupfrate betrug zwar 100%, die Überlebensrate der Larven lag jedoch bei 0%.



Abb. 8: Larve Fischzucht A



Abb. 9: Larven Fischzucht B

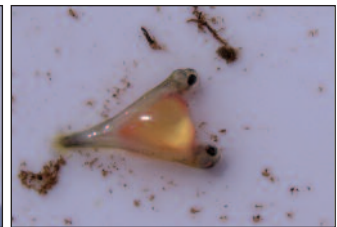


Abb. 10: Zwillingsmissbildung Fischzucht C

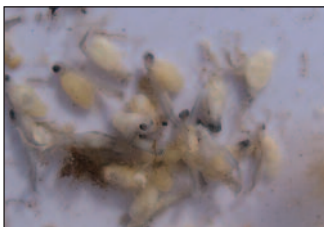


Abb. 11: tote Larven Fischzucht D



Abb. 12: Larve Fischzucht E

## 5. Diskussion

### *Sunk und Schwall*

Diese Untersuchung zeigt, dass die täglichen Schwall- und Sunkereignisse im Nationalpark grundsätzlich eine Entwicklung der Bachforelle vom Augenpunktstadium bis ins Larvenstadium zulassen und somit keine eindeutigen negativen Auswirkungen der sich ständig ändernden abiotischen Parameter am Laichplatz (z. B. Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Wassertemperatur, O<sub>2</sub>-Schwankungen) auf die Entwicklung festgestellt wurden.

Über die sensible Entwicklungsphase vom befruchteten Ei (grüne Eier) bis zum Augenpunktstadium können aufgrund dieser Untersuchung jedoch keine Aussagen getroffen werden. Grüne Eier sind sehr empfindlich und die Folgen von Erschütterungen oder Bewegung meist letal. Daher könnten oberflächennah abgelegte Eier durchaus negativ auf stark schwankende Fließgeschwindigkeiten über dem Laichplatz reagieren und hohe Mortalitätsraten die Folge sein.

Ein weiteres Problem stellt das mögliche Trockenfallen von Laichplätzen dar. Hier kann es aufgrund von sehr starken Wasserspiegelschwankungen durchaus zu größeren Ausfällen bei abgelegten Eiern kommen (Meile et al., 2005).

Allerdings zeigte eine im Sommer 2008 durchgeführte Jungfischkartierung erstmals ein starkes natürliches Aufkommen der Bachforelle im Untersuchungsgebiet. In den 15 Befischungstrecken wurden insgesamt 719 Fische aus 6 Arten nachgewiesen. Eindeutig dominiert die Bachforelle mit 666 Individuen, gefolgt von der Koppe (42 Ind.), dem Rotaugen (8 Ind.) und der Äsche, der Schmerle und dem Aitel mit jeweils 1 Individuum. Stellt man die Anzahl der gefangenen Bachforellen (666 Ind.) der Gesamtbefischungslänge (1535 m) gegenüber, kommt ca. alle 2,5 m eine juvenile Bachforelle entlang der Uferlinie vor (Holzer, 2009a).

Davor durchgeführte Fischbestanderhebungen ergaben, dass die natürliche Reproduktion nur in einem sehr geringen Maße funktioniert (Spindler, 2000 und 2008). Das gute Ergebnis 2008 lässt den Schluss zu, dass in einzelnen Jahren auch die Entwicklung vom befruchteten Ei bis zum Augenpunktstadium zufriedenstellend funktioniert.

Sehr sensibel reagieren frisch geschlüpfte Larven und Jungfische auf starke Schwall-Sunk-Ereignisse. Hier sei darauf verwiesen, dass eine aktuelle Studie an der Drau zu diesem Thema abgeschlossen wurde (Unfer et al., 2012) und weitere umfangreiche Untersuchungen zurzeit in Lunz in extra dafür angefertigten Fließbrinnen stattfinden.

### *Unterschiedliche Zuchtstämme*

Die hier ermittelten Daten der Zuchtstämme zeigen, dass eingebrachte Augenpunkteier in der Thaya sehr unterschiedliche Schlupf- bzw. Überlebensraten lieferten.

Das schlechte Abschneiden mancher Zuchtstämme in der Thaya kann mit Sicherheit auf die Qualität der verwendeten Eier zurückgeführt werden. Unter Fischequalität versteht man die Fähigkeit eines Eies, befruchtet zu werden und sich anschließend in einen normalen gesunden Embryo zu entwickeln (Bobe & Labbe, 2010). Es stellt sich nun die Frage, welche Faktoren generell die Qualität von Fischeiern beeinflussen bzw. die niedrigen Schlupfraten einzelner Zuchten in der Thaya verursacht haben könnten.

Die wesentlichsten einflussnehmenden Umweltfaktoren sind die aufgenommene Nahrung der Mutterfische und die physio-chemischen Eigenschaften des Inkubationswassers (z. B. Temperatur, O<sub>2</sub>, Leitfähigkeit, pH-Wert). In der Aquakultur kommt es oft noch zu weiteren Faktoren, die negativ auf die Eiqualität wirken, wie z. B. eine stark verschobene Photoperiode, eine künstliche Induktion der Geschlechtsreife durch Hormonzugabe, permanenter Stress in den Aufzuchtbecken und Stressreaktionen beim Abstreifen und Befruchten der Eier. Ebenso haben überreife Eier in der Bauchhöhle sowie ein möglicher bakterieller Befall von befruchteten Eiern stark negative Auswirkungen auf die Eiqualität (Brooks et al., 1997; Bobe & Labbe, 2010).

### *Faktoren mit Einfluss auf die Eiqualität*

#### *Nahrung*

Nahrungskomponenten wie z. B. verschiedene Fette (Watanabe et al., 1991 a und b), Fettsäuren (Harel et al., 1994; Carrillo et al., 1995) oder Ascorbinsäure (Dabrowski & Blom, 1994; Blom &



Dabrowski, 1995) sind wichtige Bestandteile von Fischnahrung und haben daher einen starken Einfluss auf die Qualität von Fischeiern.

Dasselbe gilt für Proteine und Kohlenhydrate. Obwohl Kohlenhydrate von Fischen nur in geringer Menge benötigt werden und die Hauptenergiequelle Proteine und Fette sind (Walton & Cowey, 1982), zeigt eine Untersuchung an Regenbogenforellen, dass eine kohlenhydratarme Nahrung zu einer reduzierten Fruchtbarkeit und zu einer Abnahme der Schlupf- und Überlebensrate führte (Washburn et al., 1990).

Proteine dienen als Quelle für Aminosäuren und als Reservoir von Stoffen für viele biosynthetische Aktivitäten, die essenziell für die Embryogenese sind (Metcoff, 1986). Ebenso ist eine erfolgreiche Embryonalentwicklung bei Fischen von einem ausgeglichenen Aminosäurevorkommen in Fischeiern abhängig (Fyhn & Serigstad, 1987; Fyhn, 1989).

Die meisten Untersuchungen von Fischnahrung und deren Einfluss auf die Eiqualität befassen sich mit den Hauptnahrungskomponenten (Proteine, Fette). Über Spurenelemente und Vitamine in Fischnahrung ist nur wenig bekannt. Die umfangreichste Studie zu diesem Thema wurde über die Ascorbinsäure-Ablagerung in Regenbogenforelleneiern durchgeführt (Dabrowski & Blom, 1994; Blom & Dabrowski, 1995). Hier konnten die Autoren zeigen, dass Mutterfische, die zusätzlich mit Vitamin C gefüttert wurden, Eier mit höheren Überlebensraten produzieren.

Weitere wichtige Nahrungsstoffe sind Vitamin A und E (Palace & Werner, 2006). Während Vitamin A für das Wachstum, die Reproduktion und die Embryonalentwicklung benötigt wird, spielt Vitamin E eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der Eier. Vitamin E wird während der Oogenese aus dem Muskelgewebe des Mutterfisches in das Fischei abgegeben. Höhere Konzentrationen von Vitamin E erhöhen die Fruchtbarkeit und reduzieren den Prozentsatz an abnormalen Eiern (Izquierdo et al., 2001). Salmoniden benötigen 30–60 mg Vitamin E/kg Trockenfutter (King, 1985). Bei Vitamin A ist, im Gegensatz zu Vitamin E, eine Überdosierung möglich. Als toxischer Grenzwert wird bei juvenilen Regenbogenforellen ein Wert von 2000 IU/g (IU = international unit) angegeben. Wird dieser Wert überschritten, kann es zu Wachstumsstörungen, erhöhter Mortalität, zu Flossen- bzw. Leberschäden führen (Furuita et al., 2001). Carotinoide, die auch in hohen Konzentrationen keine toxische Wirkung besitzen, werden in der Aquakultur oft zugefüttert, um eine schöne orange Fleisch- bzw. Eifarbe zu erhalten (Furuita et al., 2001). Stark orangefarbene Eier führen jedoch zu einem höheren Verlust durch Fressfeinde, da sie im Wasser besser gesehen werden (Craik, 1985).

Abschließend sei gesagt, dass Naturnahrung von verschiedenen Fischarten im Jahresverlauf sehr unterschiedlich sein kann und damit sehr unterschiedliche Nahrungskomponenten im Fischei gespeichert werden. In der Aquakultur wird jedoch oft ganzjährig ein und dasselbe Futter verwendet. Daher ist es nicht verwunderlich, dass bestimmte Nahrungskomponenten in den Eiern fehlen und damit die Eiqualität leidet. Daher wäre es überlegenswert, vor allem Mutterfischstämme in den Monaten vor der Laichzeit mit Nahrungskomponenten zu versorgen, die einen möglichst guten Aufbau der Geschlechtsprodukte gewährleisten.

### *Photoperiode*

Die Manipulation der Photoperiode spielt in der Aquakultur eine wichtige Rolle, um die Laichzeiten bestimmter Fischarten zu verschieben. Ziel der Zuchtbetriebe ist, möglichst früh oder mehrmals im Jahr an Fischeier zu gelangen. Eine Verzögerung der Laichzeit durch Lichtmanipulation führte beim Buckellachs (*Oncorhynchus gorbuscha*) zu einem Anstieg der Mortalitätsrate bis ins Augenpunktstadium von 5% auf 60–80% (Dabrowski & Blom, 1994). Im Gegensatz dazu fanden Pohl-Brandscheid & Holtz (1990) kaum Unterschiede in der Eiqualität von Regenbogenforellen, die durch ein künstliches Lichtregime dazu gebracht wurden, in zwei Jahren viermal abzulaichen.

Bei Nichtsalmoniden sind derartige Untersuchungen ebenfalls kontrovers (Girin & Devauchelle, 1978; Devauchelle, 1987; Carillo et al., 1989). Insgesamt scheint es nicht völlig geklärt, in welchem Ausmaß die Eiqualität durch Verschiebung der Photoperiode beeinflusst wird.

Bonnet et al. (2007a) zeigten jedoch, dass eine Verschiebung der Regenbogenforellen-Laich-

zeit in die Monate Juni und Juli zu einer signifikanten Abnahme der Eiqualität führte. Dies geschah, obwohl die Wassertemperatur künstlich auf optimalen 12 °C gehalten wurde.

Auch hier sollten Fischzüchter, die Besatzfische produzieren, weniger danach trachten, möglichst früh oder oft an Eier zu gelangen, sondern möglichst nahe an die natürliche Laichzeit im Besatzgewässer heranzukommen.

### ***Faktoren mit Einfluss auf die embryonale Entwicklung***

#### *Wassertemperatur*

Die Wassertemperatur während der Abblanch- bzw. Inkubationsphase der Eier beeinflusst die Embryonalentwicklung maßgeblich. Auch Stoffwechselprozesse, die Aktivität und die Struktur des Embryos werden primär durch die Temperatur reguliert (Kinne & Kinne, 1961).

Eine Untersuchung von Seesaiblingen am Genfer See zeigte, dass gefangene Seesaiblinge in der Zucht bei höheren Temperaturen (10 °C) geringere Eiüberlebensraten aufweisen als Wildfische aus dem See. Kühlte man jedoch das Wasser, in dem die Mutterfische gehalten wurden, auf 5 °C ab, konnten keine Unterschiede mehr in den Überlebensraten der Eier von Wildfischen und Zuchtfischen festgestellt werden (Gillet, 1994).

Untersuchungen an Regenbogenforellen zeigen, dass bei Inkubationstemperaturen von  $\geq 15$  °C die Eiqualität signifikant abnimmt (Pankhurst et al., 1996; Aegerter & Jalabert, 2004). Ebenso verursacht bei Bachsaiblingen eine Wassertemperatur von  $\geq 12$  °C eine signifikante Schlupfratenabnahme (Hokanson et al., 1973). Eine Folge dieser hohen Temperaturen ist eine starke Zunahme von Embryo-Deformationen (Hokanson et al., 1973; Aegerter & Jalabert, 2004) und triploiden Larven (Aegerter & Jalabert, 2004). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei vielen Salmoniden erhöhte Temperaturen zu einer starken Abnahme der Eiqualität führt (Gillet, 1991; Aegerter & Jalabert, 2004).

Untersuchungen an Salmoniden zeigen, dass die Wassertemperatur auch stark die Wachstumsrate und Ausdifferenzierung bestimmter Körperteile beeinflusst. Salmonideneier, die bei unterschiedlichen Wassertemperaturen inkubiert wurden, bildeten unterschiedliche Anzahlen von Rückenwirbeln und Kiemenbögen aus (Kubo, 1950; Kwain, 1975; Beacham & Murray, 1986).

Bei Salmoniden hat die Temperatur des Inkubationswassers einen hoch signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate und den Schlupfzeitpunkt der Larven. Zu hohe bzw. zu niedrige Temperaturen führen zu sehr hohen Mortalitätsraten. Die verschiedenen Stadien während der Embryonalentwicklung weisen unterschiedliche Temperaturstabilitäten auf (Kinne & Kinne, 1961). Bei den meisten untersuchten Fischarten ist das Entwicklungsstadium von der Befruchtung bis zur Gastrulation sehr temperaturempfindlich, anschließend folgt eine Phase, die weniger temperaturempfindlich ist, und ab dem starken Augenpunktstadium bis zum Schlupf konnte wieder eine Zunahme der Temperaturempfindlichkeit festgestellt werden (Kinne & Kinne, 1961).

Angemerkt sei, dass bei einem Besatz mit Bachforelleneiern fast immer große Temperaturunterschiede zwischen Zucht- und Besatzgewässer auftreten. Im Zuchtbetrieb besitzt das Quellwasser oft konstante 6–7 °C, hingegen liegen die Wintertemperaturen im Besatzgewässer bei variablen 0–4 °C. Hier wären Temperaturangleichungen in der Aquakultur an das jeweilige Besatzgewässer wünschenswert bzw. zweckmäßig.

#### *Sauerstoff*

Neben der Wassertemperatur beeinflusst vor allem der verfügbare Sauerstoff die embryonale Entwicklung (Greig et al., 2007; Louhi et al., 2008). Die Sauerstoffaufnahme der Eier erfolgt durch Diffusion an einem dünnen Wasserfilm (boundary layer) auf der Eioberfläche (Daykin, 1965). Fällt die Sauerstoffkonzentration in diesem Wasserfilm, wird der Konzentrationsgradient reduziert. Dies führt zu einer geringeren Sauerstoffaufnahme und damit zu Wachstumsstörungen im Ei (Silver et al., 1963; Cooper, 1965; Garside, 1966; Mason, 1969). Fällt die Sauerstoffkonzentration im Wasserfilm unter einen kritischen Wert, können die Stoffwechsel-

aktivitäten nicht mehr aufrechterhalten werden und es kommt zum Tod der Eier (Daykin, 1965; Rombough, 1988).

Der Sauerstoffbedarf von Bachforellen- und Atlantischen Lachseiern nimmt mit steigender Wassertemperatur und voranschreitender Embryonalentwicklung zu. Beim Schlupf der Larve aus dem Ei werden die höchsten Sauerstoffkonzentrationen (um 7 mg/l) benötigt. Frühere Eientwicklungsstadien benötigen weitaus weniger Sauerstoff und tolerieren Werte um 0,8 mg/l (Louhi et al., 2008). Geschlüpfte Larven sind aufgrund ihrer Mobilität gegenüber Sauerstoffschwankungen weniger anfällig, da sie aktiv Bereiche mit höheren Sauerstoffkonzentrationen aufsuchen können (Greig et al., 2007).

Im Naturgewässer ist die Verfügbarkeit von Sauerstoff vom Mikrohabitat am Laichplatz abhängig. In der Literatur werden zahlreiche Faktoren, die einen negativen Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme haben, angeführt. Hier handelt es sich z. B. um Feinsedimentablagerungen am Laichplatz und die damit verbundenen geringen Fließgeschwindigkeiten im Interstitial oder um abgelagerte Stoffwechselprodukte von Eiern und Larven sowie Biofilme am Substrat, die Sauerstoff zehren (Greig et al., 2007).

In der Fischzucht können all diese auf die Sauerstoffversorgung negativ wirkenden Faktoren bei einer sauberen Arbeitsweise ausgeschlossen werden. Dennoch sollten Fischzüchter, wenn notwendig, auf den unterschiedlichen Sauerstoffbedarf der embryonalen Entwicklungsstadien Rücksicht nehmen. Möglicherweise kann in manchen Zuchtbetrieben bei Berücksichtigung dieses Parameters ein besseres Ergebnis erzielt werden.

### ***Zuchtpraktiken und deren Auswirkungen auf die Eiqualität***

#### *Einleiten der Geschlechtsreife durch Hormonzugabe (Hypophysierung)*

Vor allem beim Abstreifen und Befruchten von Wildfischen werden zur Einleitung der Geschlechtsreife oft Hormone benutzt, die unterhalb der Rückenflosse in die Muskulatur gespritzt werden.

Eine Untersuchung an Regenbogenforellen zeigt, dass hormonbehandelte Fische (mit GnRh) ziemlich geringe Befruchtungsraten erreichten. Obwohl die Unterschiede nicht signifikant waren, erreichten die hormonbehandelten Fische Befruchtungsraten von 24–40%, die der unbehandelten Kontrollgruppe jedoch 53%. Die niedrigen Befruchtungsraten begründen die Autoren damit, dass die Mutterfische zu Beginn der Laichzeit hypophysiert wurden und daher die Oocytenentwicklung noch nicht vollständig abgeschlossen war (Breton et al., 1990). Eine weitere Untersuchung an Regenbogenforellen zeigte, dass die Ovulation durch Zugabe von Hormonen zwar stark angehoben werden konnte, die Überlebensraten bis ins Augenpunktstadium jedoch nur 55% betragen. Die unbehandelte Kontrollgruppe erreichte das Augenpunktstadium mit 79–85% (Billard et al., 1984).

Eine Untersuchung an Bachforellen mit unterschiedlichen Dosen an Hormon GnRH $\alpha$  zeigt ein ähnliches Ergebnis. Bei der höchsten Dosis (10  $\mu$ g/kg Körpergewicht) konnte eine signifikante Anhebung der Ovulation festgestellt werden, jedoch waren die Überlebensraten bis in Augenpunktstadium bzw. bis zum Schlupf signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe. Die niedrigeren Konzentrationen zeigten hingegen keinen signifikanten Einfluss auf die Ovulation und die Überlebensraten (Mylonas et al., 1992).

Im Gegensatz dazu ergab eine Untersuchung an Seesaiblingen, dass die hormonbehandelte Gruppe zwar eine geringfügig bessere Ovulation aufwies, jedoch die Überlebensraten bis ins Augenpunktstadium der Kontrollgruppe ähnlich waren (Gillet et al., 1996).

Bonnet et al. (2007a) stellten in einer weiteren Studie an Regenbogenforellen keine Unterschiede bei hormonbehandelten und nicht hormonbehandelten Fischen fest.

Diese angeführten Studien zeigen, dass eine Hormonbehandlung zu Beginn der Laichzeit problematisch ist und der Erfolg von Hypophysierungen vom Fachwissen hinsichtlich der Dosierung abhängt. Unsachgemäße Anwendung kann jedenfalls zu einer Verschlechterung der Eiqualität führen.

Ergänzend sei bemerkt, dass die Hormonbehandlung von männlichen Fischen zu einer effizienten Erhöhung des Volumens und der Dichte von Sperma führte (Alavi et al., 2008).

### *Überreife Eier in der Bauchhöhle*

Im weiblichen Mutterfisch gibt es eine Phase der Eientwicklung, bei der sich die Eier aus der Eihaut lösen und frei in der Bauchhöhle zu liegen kommen (egg post-ovulatory ageing). Liegen die Eier zu lange in der Bauchhöhle, ohne abgelaicht und befruchtet zu werden, führt das zu erheblichen morphologischen und biochemischen Veränderungen im Ei. Dieser Prozess wird in der Literatur als Überreifung (over-ripening) von Eiern beschrieben (Bobe & Labbe, 2010). Bei vielen Fischarten erfolgt eine Verminderung der Eiqualität schon kurz nach dem Ablösen von der Eihaut. Bei Goldfischen (*Carassius auratus*) gehen die Befruchtungsrate und der Schlupferfolg schon nach 10 Stunden gegen Null (Formacion et al., 1995). Der Steinbutt erreicht nach 24 Stunden die Phase, in der keine Befruchtung bzw. Schlupf mehr möglich ist (McEvoy, 1984).

Im Gegensatz dazu ist bekannt, dass Salmoniden fähig sind, ihre losgelösten Eier mehrere Tage lang in der Bauchhöhle zu tragen, ohne dass die Eiqualität darunter leidet (Sakai et al., 1975; Escaffre et al., 1976, 1977; Escaffre & Billard, 1979). Regenbogenforellen können ihre losgelösten Eier 2 bis 4 Wochen in der Bauchhöhle halten, wobei die höchste Eiqualität nach 5 Tagen bei 10–12 °C Wassertemperatur erreicht wird (Sakai et al., 1975; Escaffre et al., 1977; Bromage et al., 1994; Aegerter & Jalabert, 2004; Bonnet et al., 2007a). Ein längerer Aufenthalt der Eier in der Bauchhöhle führt zu einer starken Abnahme der Überlebensraten im Augenpunktstadium, beim Schlupf und der Dottersackbrut. Ebenso kommt es zu einem starken Anstieg von deformierten Embryos (Aegerter & Jalabert, 2004; Aegerter et al., 2005; Bonnet et al., 2007a), Blutanomalien von Embryonen und einer starken Zunahme von triploiden Larven (Aegerter & Jalabert, 2004).

Überreife Eier werden in der Literatur als einer der am stärksten wirkenden Faktoren auf die Eiqualität gesehen (Bobe & Labbe, 2010). Daher sollten Fischzüchter durch eine regelmäßige Kontrolle ihrer Mutterfische eine Überreife der Geschlechtsprodukte vermeiden.

### *Haltbarkeit von gewonnenen Geschlechtsprodukten*

Nach Abschluss der Ovulation können die Eier künstlich abgestreift und befruchtet werden. Nachdem die Eier aus der Bauchhöhle herausgedrückt wurden, ist die Befruchtungsrate bei der künstliche Befruchtung sehr variabel und stark von der Art abhängig. Beim Hundslachs (*Oncorhynchus keta*) und Rotlachs (*Oncorhynchus gorbuscha*) können die unbefruchteten Eier für einige Tage bei 3 °C gelagert werden (Withler & Morley, 1968; Jensen & Alderdice, 1984). Die abgestreiften Eier der Bachforelle und Regenbogenforelle können in der Bauchhöhlenflüssigkeit bei 0–2 °C fünf bis sieben Tage gelagert werden (Carpentier & Billard, 1978; Billard & Gillet, 1981; Babiak & Dabrowski, 2003). Bei Temperaturen um die 12 °C wird eine mögliche Lagerung der abgestreiften Eier in der Bauchhöhlenflüssigkeit von 3 Tagen angegeben (Bonnet et al., 2003).

Von Warmwasserfischen wie z. B. Tilapias (*Sarotherodon mossambicus*), Karpfen (*Cyprinus carpio*) oder Welsen (*Silurus glanis*) gibt es zur künstlichen Lagerung der Geschlechtsprodukte ebenfalls Untersuchungen (Harvey & Kelley, 1984; Dinnyes et al., 1998; Linhard & Billard, 1995). Es zeigt, dass sich unsachgemäße Lagerung durchaus negativ auf die Eiqualität auswirken kann, aber die Option Eier über eine gewisse Zeit zu lagern auch interessante Möglichkeiten (z. B. für Eitransport) bietet.

### *Einfluss von Stress auf die Eiqualität*

Untersuchungen, die den Einfluss von Stress auf die Eiqualität bewerten, liegen nur in geringer Zahl vor. Eine Untersuchung an Regenbogenforellen zeigt, dass akuter Stress, hervorgerufen durch das wiederholte Herausheben der Mutterfische in den 9 Monaten vor dem Ablachen, zu kleineren Eiern und weniger Spermien in der Milch führte. Beim Vergleich mit der Kontrollgruppe konnte auch ein geringeres Überleben im Augenpunktstadium und beim Schlupf festgestellt werden (Campbell et al., 1992). Ähnliche Ergebnisse ergaben Untersuchungen an Bachforellen und Regenbogenforellen, die ebenfalls in den Monaten vor der Ovulation

künstlich gestresst wurden. Auch hier kam es zu einer Reduktion der Eigroßen und zu einem geringeren Überleben der Nachkommen (Campbell et al., 1994).

Eine weitere Untersuchung an Regenbogenforellen zeigt, dass Stress während der frühen Villogenese zu kleineren Eiern, hingegen Stress in der späten Villogenese zu einer verfrühten Ovulation führt. In dieser Untersuchung konnten keine negativen Effekte auf die Nachkommen festgestellt werden (Contreras-Sanchez et al., 1998).

### **Ausblick**

Diese Abhandlung zeigt, dass es neben den genetischen Aspekten und der Vermeidung von Domestizierungserscheinungen noch zahlreiche weitere Faktoren gibt, die zum Teil einen erheblichen Einfluss auf die Eiqualität bzw. embryonale Entwicklung von Besatzfischen haben. Die sehr unterschiedlichen Überlebensraten in der Thaya sind daher nicht überraschend, sondern zeigen nur, dass einige Eimaterialien eine unzureichende Qualität besitzen und mit der Umstellung auf die physio-chemischen Eigenschaften des Thaya-Wassers schlecht bis gar nicht zu recht kommen.

Es wird hier offensichtlich, dass die Eiqualität und embryonale Entwicklung maßgeblich vom jeweiligen Züchter bestimmt wird. Je weiter sich bestimmte Faktoren (z. B. Nahrung, Wassertemperatur, Photoperiode) von den Lebensbedingungen der Wildfische entfernen und zuchttechnische Parameter (z. B. Hypophysierung, Stress, überreife Eier) in den Vordergrund treten, umso schlechter wird die Eiqualität in Vergleich zu Wildfischen sein. Wie auch bei älteren Besatzfischen, sind Eier von stark domestizierten Zuchtmutterfischen derart an die Verhältnisse der jeweiligen Fischzucht angepasst und die Eiqualität im Vergleich zu Wildfischen dermaßen herabgesetzt, dass die in der Natur schwankenden abiotischen Parameter (Wassertemperatur, Fließgeschwindigkeit, Sauerstoff usw.) anscheinend ausreichen, um hohe Mortalitäten hervorzurufen.

Die unterschiedlichen physio-chemischen Parameter des Wassers in der Aquakultur (oft Quellwasser) bzw. im Besatzgewässer stellen die Züchter vor ein weiteres großes Problem. Daher gibt es für Besatzfischzuchten in der Zukunft eigentlich nur zwei Lösungen: Entweder müssen bestimmte Parameter wie z. B. Temperatur, Fließgeschwindigkeit oder Sauerstoffgehalt in der Zucht regelbar sein oder die Zuchtbetriebe werden direkt an das Besatzgewässer verlegt.

Aufgrund der hier sichtbar werdenden Komplexität zum Thema künstliche Aufzucht von Besatzfischen und einer bis heute nicht vorhandenen, an die Erfordernisse der Besatzgewässer angepassten Besatzfischproduktion in Österreich ist Fischbesatz in Gewässern mit natürlicher Reproduktion derzeit jedenfalls abzulehnen.

Die nach wie vor voranschreitende Zerstörung unserer Gewässer durch die eingeschlagene österreichische Kraftwerkspolitik, in Kombination mit zahlreichen weiteren bestandsreduzierenden Einflüssen wie z. B. Kläranlagen, Fischfresser, Flussbau oder intensive Landwirtschaft erfordern aus fischereiwirtschaftlicher, aber längerfristig auch aus ökologischer Sicht dringend eine Reformierung der Besatzfischproduktion. Hier sollten Richtlinien (z. B. Aquakulturrichtlinie) endlich eine klare Abgrenzung zur Speisefischproduktion herbeiführen und Anreize in Form von Fördermitteln zur Verfügung gestellt werden. Denn sind wir in der Zukunft nicht in der Lage, überlebensfähige gute Besatzfische zu produzieren, werden auch bei anstehenden Wiederbesiedelungsprojekten alle Bemühungen zwecklos sein. Um daher in Zukunft an ein möglichst gutes Besatzmaterial zu gelangen, sind drei wesentliche Eckpfeiler bei der Aufzucht von Besatzfischen zu beachten (vgl. Abb. 13).

### **Berücksichtigung der Genetik von Lokalrassen**

In der Zucht müssen alle Punkte der offenen Laichtierbewirtschaftung beachtet werden (Holzer et al., 2004). Hier spielt die Stichprobengröße der Ausgangspopulation eine entscheidende Rolle. Einerseits muss die Stichprobe »zufällig gezogen« werden, um möglichst das gesamte Spektrum der Laichfischpopulation zu enthalten (d. h. keine Selektion nach äußeren Merkmalen). Andererseits ist die Stichprobengröße vom Geschlechtsverhältnis abhängig. Beträgt das Geschlechtsverhältnis 1:1, sind mindestens 50 Individuen notwendig, um die minimale

effektive Populationsgröße (Allendorf et al., 1987; Lande & Barrowclough, 1987) und damit eine genetische Variabilität von > 99% der Nachkommen zu gewährleisten. Ebenso ist es erforderlich, den Zuchtstamm regelmäßig mit Wildfischen aufzufrischen.

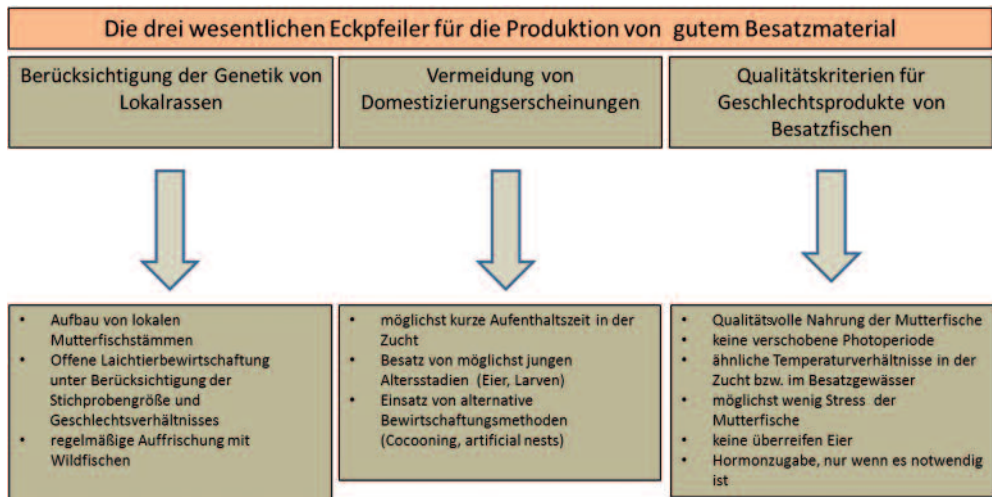
Werden Wildfische zum einmaligen Abstreifen gefangen (z. B. oft bei Äschen), sollten die Elterntiere und ihre Nachkommen ausschließlich im selben Gewässer bzw. Einzugsgebiet besetzt werden. Auch bei dieser Bewirtschaftungsmethode sind alle Punkte der offenen Laichtierbewirtschaftung zu befolgen.

#### *Vermeidung von Domestizierungserscheinungen*

Je länger Fische in der Zucht gehalten werden, umso stärker wirken die in der Zucht auftretenden Domestizierungserscheinungen (Holzer et al., 2004). Daher wird vorgeschlagen, möglichst junge Altersstadien (z. B. Eier, Larven) in das Gewässer einzubringen. Die zuchttechnischen Möglichkeiten zur Reduzierung der Domestizierungserscheinungen in der Fischzucht wurden schon ausführlich diskutiert (Holzer et al., 2004; Pinter, 2008).

#### *Qualitätskriterien der Geschlechtsprodukte von Besatzfischen*

Sind die Mutterfischstämme einmal aufgebaut, hängt die Qualität der produzierten Geschlechtsprodukte stark von der möglichst naturnahen Aufzucht und Haltung der Mutterfischstämme und den physio-chemischen Eigenschaften des Inkubationswassers ab. Daher sollten Fischzüchter, die Besatzfische produzieren, vermehrt Rücksicht auf die oben beschriebenen Faktoren (z. B. Nahrung, Photoperiode, Stressreduzierung, keine überreifen Eier) nehmen.



**Abb. 13:** Die drei wesentlichen Eckpfeiler für die Produktion von gutem Besatzmaterial

In einem weiteren Projekt wird seit vier Jahren ein genetisch geeigneter Bachforellen-Mutterfischstamm für die Böhmisches Masse aus Kamp-Wildfischen aufgebaut (Holzer et al., 2008–2012). Hierzu wurde über einen Zeitraum von drei Jahren (2009–2011) eine zufällig gezogene Stichprobe an Mutterfischen im Kleinen Kamp gefangen und die befruchteten Eier der einzelnen Familien separat in der Zucht aufgelegt. Anschließend erfolgte eine genetische Untersuchung aller verwendeten Mutterfische. Zur Weiterzucht wurden nur jene Eier verwendet, die eine rein donau-stämmige Linie aufwiesen. Insgesamt konnten so Eier von ca. 50 verschiedenen Familien (100 Individuen) aufgelegt werden. Die angestrebte Größe des Mutterfischstammes beträgt ca. 2000–3000 Fische.

Erste Inkubationsversuche mit Eiern dieser Wildfische brachten in der Thaya sehr zufriedenstellende Schlupfraten von 90–93% (Holzer, 2011). Auch hier wird es, um längerfristig die

Eiqualität aufrecht zu erhalten, notwendig sein, den Mutterfischstamm regelmäßig mit Wildfischen aufzufrischen und in der Zucht möglichst viele der oben beschriebenen Qualitätskriterien für Besatzfische zu beachten.

### Danksagung

Herzlichen Dank an die Nationalpark Thayatal GmbH und an den Fischereivereivverband II und den Landesfischereiverein NÖ für die Unterstützung und Finanzierung dieses Projektes. Ebenso möchte ich DI Manuel Hinterhofer und Mag. Christian Übl und Martin Schaden für ihren Einsatz und Hilfe bei den Freilandarbeiten danken. Danke auch an Dr. Günther Unfer für die Durchsicht des Artikels!

### 6. Literatur

- Aegerter S., B. Jalabert, J. Bobe (2005): Large scale real-time PCR analysis of mRNA abundance in rainbow trout eggs in relationship with egg quality and postovulatory ageing. *Mol. Reprod. Dev.* 72, 377–385.
- Aegerter S. & B. Jalabert (2004): Effects of post-ovulatory oocyte ageing and temperature on egg quality and on the occurrence of triploid fry in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 231, 59–71.
- Alavi S. M. H., O. Linhart, K. Coward, M. Rodina (2008): Fish spermatology: Implications for Aquaculture culture management. In: Alavi, S. M. H., Cosson, J. J., Coward, K., Rafiee, G. (Eds.), *Fish Spermatology Alpha Science International Ltd., Oxford, U.K.*, pp. 397–460.
- Almeida P. A. & V. N. Bolton (1993): Immaturity and chromosomal abnormalities in oocytes that fail to develop nuclei following insemination in vitro. *Human Reproduction* 8, 229–232.
- Allendorf F., N. Ryman, F. Utter (1987): Genetics and Fishery Management: Past, Present and Future. In *Population Genetics and Fishery Management: N. Ryman & F. Utter (eds.)*, University of Washington press, Seattle: 1–19.
- Babiak I. & K. Dabrowski (2003): Refrigeration of rainbow trout gametes and embryos. *J. Exp. Zool. A Comp Exp. Biol.* 300, 140–151.
- Beacham T. D. & C. B. Murray (1986): The effect of spawning time and incubation temperature on meristic variation in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Can. J. Zool.* 64, 45–48.
- Billard R. & C. Gillet (1981): Ageing of eggs and temperature potentialization of micropollutant effects of the Aquaculture medium on trout gametes. *Cahier du Laboratoire de Montereau* 12, 35–42.
- Billard R., P. Reinaud, M. G. Hollebecq, B. Breton (1984): Advancement and synchronisation of spawning in *Salmo gairdneri* and *S. trutta* following administration of LRH-A combined or not with pimozide. *Aquaculture* 43, 57–66.
- Blom J. H. & K. Dabrowski (1995): Reproductive success of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels. *Biology of Reproduction* 52, 1073–1080.
- Bobe J. & Ch. Labbe (2010): Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology* 165 (2010) 535–548.
- Bonnet E., B. Jalabert, J. Bobe (2003): A 3-day in vitro storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) unfertilised eggs in coelomic fluid at 12 degrees C does not affect developmental success. *Cybiurn* 27, 47–51.
- Bonnet E., A. Fostier, J. Bobe (2007b): Microarray-based analysis of fish egg quality after natural or controlled ovulation. *BMC Genomics* 8, 55.
- Brauhn J. & H. Kincaid (1982): Survival of growth and catchability of rainbow trout of four strains. *N. Am. J. Fish. Manage.* 2, 1–10.
- Breton B., C. Weil, E. Sambroni, Y. Zohar (1990): Effects of acute versus sustained administration of GnRH $\alpha$  on GtH release and ovulation in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 373–383.
- Brown N. P., N. R. Bromage, R. J. Shields (1995): The effect of spawning temperature on egg viability in the Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). In Goetz, F. W. and Thomas, P., eds. *Proceedings of the Fifth International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish*. Austin, Texas, USA: Fish Symposium '95, Austin, p. 181.
- Bromage N., M. Bruce, N. Basavaraja, K. Rana, R. Shields, C. Young, J. Dye, P. Smith, M. Gillespie, J. Gamble (1994): Egg quality determinants in finfish: the role of overripening with special reference to the timing of stripping in the Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. *J. World Aquacult. Soc.* 25, 13–21.
- Bromage N. R., J. Jones, C. Randall, M. Thrush, B. Davies, J. Springate, J. Duston, G. Barker (1992): Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 100, 141–166.
- Brooks S., Ch. Tyler, J. P. Sumpter (1997): Egg quality in fish: what makes a good egg? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7, 387–416 (1997).
- Campbell P. M., T. G. Pottinger, J. P. Sumpter (1992): Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biol. Reprod.* 47, 1140–1150.
- Campbell P. M., T. G. Pottinger, J. P. Sumpter (1994): Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture* 120, 151–169.
- Carpentier P. & R. Billard (1978): Conservation à court terme des gamètes de Salmonidés à des températures voisines de 0 °C. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 18, 1083–1088.

- Carrillo M., N. Bromage, S. Zanuy, R. Serrano & F. Prat (1989): The effect of modifications in photoperiod on spawning time, ovarian development and egg quality in the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 81, 351–365.
- Carrillo M., S. Zanuy, F. Prat, J. Cerda, E. Mananos, N. Bromage, J. Ramos, O. Kah (1995): Nutritional and photoperiodic effects on hormonal cycles and quality of spawning in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Netherlands Journal of Zoology* 45, 204–209.
- Contreras-Sanchez W. M., C. B. Schreck, M. S. Fitzpatrick, C. B. Pereira (1998): Effects of stress on the reproductive performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biol. Reprod.* 58, 439–447.
- Cooper A. C. (1965): The effects of transported stream sediments on the survival of sockeye and pink salmon eggs and alevin. *International Pacific Salmon Fisheries Commission, Bulletin XVIII*.
- Craik J. C. A. (1985): Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. *Aquaculture*, 47: 61–68.
- Dabrowski K. & J. H. Blom (1994): Ascorbic acid deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs and survival of embryos. *Comparative Biochemistry and Physiology* 108A, 129–135.
- Daykin P. (1965): Application of mass transport theory to the problem of respiration of fish eggs. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 22: 159–170.
- Devauchelle N. (1987): Four marine spawners in European hatcheries. In *Production Controlee en Ecloserie. Synthèse des papiers presentes dans le cadre du MEDRAP a Roviny-Zadar (Yugoslavia)*, pp. 50. Rapport FAO, Rome.
- Dinnyes A., B. Urbanyi, B. Baranyai, I. Magyary (1998): Chilling sensitivity of carp (*Cyprinus carpio*) embryos at different developmental stages in the presence or absence of cryoprotectants: work in progress. *Theriogenology* 50, 1–13.
- Escaffre A. M. & R. Billard (1979): Evolution de la fécondabilité des ovules de truite arc-en-ciel *Salmo gairdneri* laissés dans la cavité abdominale au cours de la période post-ovulatoire. *Bull. Fr. Piscic.* 272, 56–70.
- Escaffre A. M., J. Petit, R. Billard (1976): Evolution de la fécondabilité des ovules de truite arc en ciel laissés dans la cavité coelomique après ovulation. *Rev. Trav. Inst. Pêches. Marit.* 40, 561–562.
- Escaffre A. M., J. Petit, R. Billard (1977): Evolution de la quantité d’ovules récoltés et conservation de leur aptitude à être fécondés au cours de la période post ovulatoire chez la truite arc-en-ciel. *Bull. Fr. Piscic.* 265, 134–142.
- Ezra Y., A. Simon & N. Laufer (1992): Defective oocytes – a new subgroup of unexplained infertility. *Fertility and Sterility* 58, 24–27.
- Formacion M. J. & B. Venkatesh (1995): Overripening of ovulated eggs in goldfish, *Carassius auratus*: II. Possible involvement of postovulatory follicles and steroids. *Fish Physiol. Biochem.* 14, 237–246.
- Furuita H., H. Tanaka T. Yamamoto M. Shiraishi, T. Takeuchi. (2001): Effects of high dose of vitamin A on reproduction and egg quality of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish. Sci.*, 67: 606–613.
- Fyhn H. J. (1989): First feeding of marine fish larvae – are free amino-acids the source of energy. *Aquaculture* 80, 111–120.
- Fyhn H. J. & B. Serigstad (1987): Free amino-acids as energy substrate in developing eggs and larvae of the cod (*Gadus morhua*). *Marine Biology* 96, 335–341.
- Garside E. T. (1966): Effects of oxygen in relation to temperature on the development of embryos of brook trout and rainbow trout. *Journal of the Fisheries Research* 238: 1121–1134.
- Gillet C. (1991): Egg production in an Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) brood stock: effects of temperature on the timing of spawning and the quality of eggs. *Aquat. Living Resour.* 4, 109–116.
- Gillet C. (1994): Egg-production in arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) brood stock – effects of photoperiod on the timing of ovulation and egg quality. *Canadian Journal of Zoology* 72, 334–338.
- Gillet C., B. Breton, T. Mikolajczyk (1996): Effects of GnRH $\alpha$  and pimoziide treatments on the timing of ovulation and egg quality in Arctic charr (*Salvelinus fontinalis*) at 5 and 10 °C. *Aquat. Living Resour.* 9, 257–263.
- Girin M. & N. Devauchelle (1978): Decalage de la periode de reproduction par raccourcissement des cycle photo-periodiques et thermiques chez poissons marins. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 18, 1059–1065.
- Greig S. M., D. A. Sear & P. A. Carling (2007): A review of factors influencing the availability of dissolved oxygen to incubating salmonid embryos. *Hydrol. Process.* 21, 323–334 (2007).
- Harel M., A. Tandler, G. W. Kissil, S. W. Applebaum (1994): The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead seabream (*Sparus aurata*) females and the subsequent effects on egg composition and egg quality. *British Journal of Nutrition* 72, 45–58.
- Harvey B. & R. N. Kelley (1984): Short-term storage of *Sarotherodon mossambicus* ova. *Aquaculture* 37, 391–395.
- Hokanson K. E., J. H. McCormick, B. R. Jones, J. H. Tucker (1973): Thermal requirements for maturation, spawning, and embryo survival of the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *J. Fish. Res. Board Can.* 30, 975–984.
- Holzer G., Hinterhofer M., Unfer G. (2004): Gedanken und Vorschläge zu einer Reformierung der fischereilichen Bewirtschaftung österreichischer Salmonidengewässer. *Österreichs Fischerei, Jahrgang 57/2004*, pp. 232–248.
- Holzer G. & M. Hinterhofer (2007): Einsatz von Erbrütungsboxen (Kokons) zur Überprüfung des Bachforellenaufkommens im Nationalpark Thayatal. Im Auftrag der Nationalpark Thayatal GmbH, pp. 35.
- Holzer G., S. Weiss, G. Unfer, M. Gallowitsch & C. Gumpinger (2008-2012): Aufbau eines Mutterfischstammes der Bachforelle für den Nationalpark Thayatal. Im Auftrag der Nationalpark Thayatal GmbH.
- Holzer G. (2009a): Bericht Jungfischkartierung 2009. Studie im Auftrag der Nationalpark Thayatal GmbH, 19 pp.
- Holzer G., Unfer G., Hinterhofer M. (2011): Cocooning – eine alternative Methode zur fischereilichen Bewirtschaftung. *Österreichs Fischerei, Jahrgang 64/2011*, Seite 16-27.



- Holzer G. (2011): Projekt zur Verbesserung des Reproduktionserfolges der Bachforelle (*Salmo trutta*) im Nationalpark Thayatal Bericht: Anlegen der beiden künstlichen Laichplätze und Überprüfung der Funktionsfähigkeit mit Brutboxen. Projekt im Auftrag der Nationalpark Thayatal GmbH, pp. 9.
- Huet M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 11, 3–4: 332–351.
- Jensen J. O. & D. F. Alderdice (1984): Effect of temperature on short-term storage of eggs and sperm of chum salmon. *Aquaculture* 37, 251–265.
- King I. B. (1985): Influence of vitamin E in reproduction in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Ph. D. thesis, Univ. Washington.
- Kinne O. & E. M. Kinne (1961): Rates of development in embryos of a cyprinodont fish exposed to different temperature-salinity-oxygen combinations. *Can. J. Zool.* 40, 231–253.
- Kubo T. (1950): A preliminary report of the study on groups of *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (dog salmon) and the numbers of their segments. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 1, 1–11.
- Kwain W. (1975): Embryonic development, early growth, and meristic variation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) exposed to combinations of light intensity and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.* 32, 397–402.
- Lande R. & G. Barrowclough (1987): Effective Population Size, Genetic Variation, and their Use in Population Management. In *Viable Populations for Conservation*: E. Soule, E. (ed.), Cambridge University Press: 87–123.
- Linhart O. & R. Billard (1995): Survival of ovulated oocyte of the European catfish (*Silurus glanis*) after in vivo and in vitro storage or exposure to saline solutions and urine. *Aquat. Living Resour.* 8, 317–322.
- Louhi P., A. Mäki-Petäys & J. Erkinaro (2008): Spawning habitat of Atlantic Salmon and Brown Trout: General criteria and intragravel Factors. *River. Res. Applic.* 24: 330–339 (2008).
- Mader H., T. Steidl, R. Wimmer (1996): Abflussregime österreichischer Fließgewässer, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Monographien Bd. 82.
- Mason J. C. (1969): Hypoxial stress prior to emergence and competition among coho salmon fry. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26: 63–91.
- McEvoy L. A. (1984): Ovulatory rythms and over-ripening of eggs in cultivated turbot, *Scophthalmus maximus* L. *J. Fish Biol.* 24, 437–448.
- Matsui M., J. E. Hose, P. Garrahan, G. A. Jordan (1992): Developmental defects in fish embryos from Salton Sea, California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 48, 914–920.
- Mauck W. L., P. M. Hehrle, F. L. Mayer (1978): Effects of the polychlorinated biphenyl Arochlor TM 1254 on growth, survival and bone development in brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fish. Res. Board Can.* 35, 1084–1088.
- Meile, T., Fette, M. & P. Baumann (2005): Synthesebericht Schwall/Sunk. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, Linnex. 48 pp. Metcoff J. (1986): Intracellular amino acid levels as predictors of protein synthesis. *Journal of the American College of Nutrition* 5, 107–120.
- Moog O. & R. Wimmer (1990): Grundlagen zur typologischen Charakteristik österreichischer Fließgewässer. *Wasser und Abwasser*, Band 34 (1990) 55–211.
- Mylonas C. C., J. M. Hinshaw, C. V. Sullivan (1992): GnRH $\alpha$ -induced ovulation of brown trout (*Salmo trutta*) and its effect on egg quality. *Aquaculture* 106, 379–392.
- Palace V. P. & J. Werner (2006): Vitamins A and E in the maternal diet influence egg quality and early life stage development in fish: a review. *SCI. MAR.*, 70S2, October 2006, p. 41–57. ISSN: 0214-8358.
- Pankhurst N. W., G. J. Purser, G. Van der Kraak, P. M. Thomas, G. N. R. Forteach (1996): Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 146, 227–290.
- 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 Boku Wien, pp. 125.
- Reinitz G., L. Orme, F. Hitzel (1979): Variations in body composition and growth among strains of rainbow trout. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108, 204–207.
- Rombough P. J. (1988): Growth, aerobic metabolism, and dissolved oxygen requirements of embryos and alevins of steelhead, *Salmo gairdneri*. *Canadian Journal of Zoology* 66: 651–660.
- Sakai K., M. Nomura, H. Oto (1975): The over-ripening phenomenon of rainbow trout II, Changes in the percentage of eyed eggs, hatching rate and incidence of abnormal alevins during the process of over-ripening. *Bull. Jap. Sci. Fish.* 41, 855–860.
- Silver S. J., C. E. Warren & P. Doudoroff (1963): Dissolved oxygen requirements of developing steelhead trout and chinook salmon embryos at different velocities. *Transactions of the American Fisheries Society* 92 (4): 327–343.
- Smith R. M. & C. F. Cole (1973): Effects of egg concentration of DDT and dieldrin on development in winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *J. Fish. Res. Board Can.* 30, 1894–1898.
- Spindler T. (2000): Nationalpark Thayatal – Fischökologische Untersuchung Bericht 2000. Im Auftrag der Nationalparkverwaltung Thayatal GmbH und des Fischereivereines Kornhuburg, pp. 42.
- Spindler T. (2008): INTERREG-Projekt Thaya/Dyje: Bewertung des ökologischen Zustandes und Entwicklung eines gewässerökologischen Maßnahmenplans unter Einbindung der Öffentlichkeit, Modul Fischökologie. Bericht im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, 59 pp.
- Strahler A. N. (1957): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. In: *Am. Geophys. Union Trans.* 38.

- Unfer G., P. Leitner, W. Graf, S. A. Auer (2012): Der Einfluss von Schwallbetrieb auf den Fischbestand der oberen Drau. Im Auftrag der Verbund-Austrian Hydro Power AG, pp. 250.
- Van Leeuwen C. J., A. Espeldoorn, F. Mol (1986): Aquatic toxicological aspects of dithiocarbamates and related compounds. 3. Embryolarval studies with rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquatic Toxicology* 9, 129–145.
- Walker C. & G. Streisinger (1983): Induction of mutations by gamma rays in pregonial germ-cells of zebrafish embryos. *Genetics* 103, 125–136.
- Walton M. J. & C. B. Cowey (1982): Aspects of intermediary metabolism in salmonid fish. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B, 59–79.
- Washburn B. S., D. J. Frye, S. S. O. Hung, S. I. Doroshov & F. S. Conte (1990): Dietary effects on tissue composition, oogenesis and the reproductive performance of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 90, 179–195.
- Watanabe T., T. Fujimura, M. J. Lee, K. Fukusho, S. Satoh, T. Takeuchi (1991a): Nutritional studies in the seed production of fish. Effect of polar and nonpolar lipids from krill on quality of eggs of red seabream (*Pagrus major*). *Nippon Suisan Gakkaishi – Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 57, 695–698.
- Watanabe T., M. J. Lee, J. Mizutani, T. Yamada, S. Satoh, T. Takeuchi, N. Yoshida, T. Kitada, T. Arakawa (1991b): Nutritional studies in the seed production of fish. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red seabream (*Pagrus major*) eggs. *Nippon Suisan Gakkaishi – Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 57, 681–694.
- Withler R. E. (1987): Genetic variation in survival of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) alevins exposed to an unidentified agent of mortality. *Genome* 29, 839–845.
- Withler F. C. & R. B. Morley (1968): Effects of chilled storage on viability of stored ova and sperm of sockeye and pink salmon. *J. Fish. Res. Board Can.* 25, 2695–2699.

**Anschrift des Autors:** DI Georg Holzer, Ingenieurbüro für Landschaftsplanung und Landschaftspflege DI Georg Holzer/Schwerpunkt: Gewässer- und Fischökologie, Schönbrunner Allee 30/5, 1120 Wien; Tel.: 0676/6048234; E-Mail: [holzer.georg@chello.at](mailto:holzer.georg@chello.at)

# www.Fische.at

## Top Fische mit Herkunftsgütesiegel



von **A** wie Amur bis **Z** wie Zander  
aus 98 naturbelassenen Teichen.



Wo  
**Teichwirtschaft**  
**GUT WALDSCHACH**  
aus dem Ei schlüpfen lässt;  
stecken gesunde Topfische  
dahinter.



Kontaktieren Sie uns,  
wir beraten Sie gerne!  
DVD auf Anfrage!

A-8521 Schloß Waldschach 1, T: +43 (0)664/3411212, M: [office@fische.at](mailto:office@fische.at), [www.fische.at](http://www.fische.at)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: [66](#)

Autor(en)/Author(s): Holzer Georg

Artikel/Article: [Qualitätskriterien für Geschlechtsprodukte von Besatzfischen - abgeleitet aus einer Fallstudie im Nationalpark Thayatal 16-33](#)