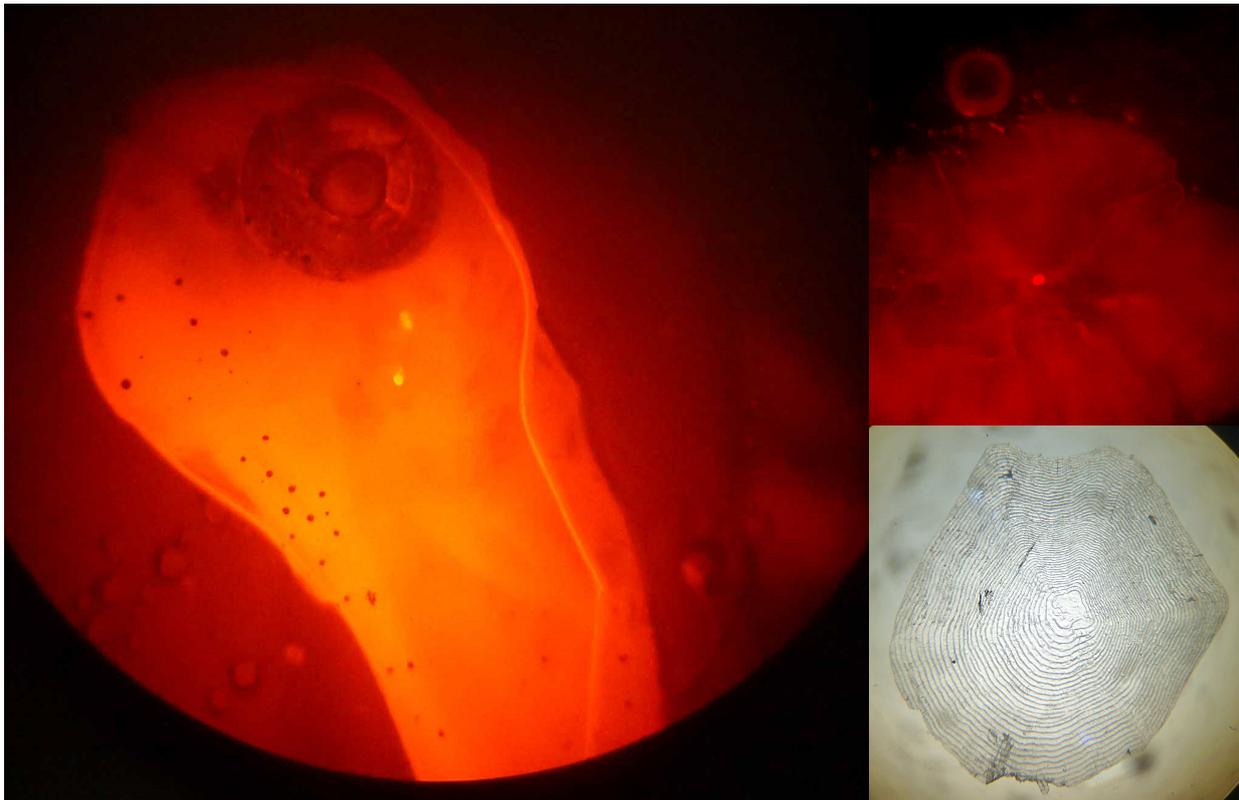


OTOLITHENMARKIERUNG DER FELCHEN VOM HALLWILERSEE

ERFOLGSKONTROLLE 2 (1+) 2015



Abschlussbericht: 31.03.2016

Aquabios GmbH
Brugerastrasse 6
CH-3186 Düringen
Tel. +41 (0)78 835 73 71
<http://www.aquabios.ch>

Autor:
Pascal Vonlanthen
p.vonlanthen@aquabios.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	EINFÜHRUNG	4
2.1	AUSGANGSLAGE	4
2.2	ZIEL DER ERSTEN ERFOLGSKONTROLLE.....	5
3	VORGEHENSWEISE	5
3.1	UNTERSUCHUNGSMATERIAL	5
3.2	ALTERSBESTIMMUNG	5
3.3	KONTROLLE DER MARKIERUNG DER OTOLITHENKNOCHEN	6
4	RESULTATE	6
4.1	ALTERSBESTIMMUNGEN	6
4.2	MARKIERUNG DER OTOLITHEN	7
5	DISKUSSION DER RESULTATE	8
5.1	ANTEIL DES BESATZES AM JUNGSELCHENAUFKOMMEN.....	8
5.2	ALIZARINROTMARKIERUNG	8
6	EMPFEHLUNGEN	8
7	LITERATURVERZEICHNIS	9

1 Zusammenfassung

Im Hallwilersee konnten sich die Felchen in den letzten Jahren vermutlich nicht mehr natürlich fortpflanzen. Mit der Verbesserung der Wasserqualität und mit dem Anstieg der Felchenfänge stellt sich heute die Frage, ob sich die Felchen im See wieder besser natürlich fortpflanzen können. Diese Frage wurde mittels eines Markierversuchs des gesamten Besatzmaterials untersucht. Dabei wurden die Otolithenknochen aller Felchen vom Winter 2013-2014 mittels eines fluoreszierenden Farbstoffes (Alizarinrot) markiert.

Die Resultate nach zwei Jahren zeigen (Kontrolle von 0+ und 1+ Felchen), dass 2014 bei den 0+ Felchen ca. 95% (Konfidenzintervall: 91-98 %) markierte Fische nachgewiesen werden konnten. Bei den 1+ Felchen waren es 2015 noch 78 % (Konfidenzintervall: 67-87 %), die von den Besatzmassnahmen stammen. Der Anteil hat also zwischen 2014 und 2015 signifikant abgenommen. Die negativen Kontrollen waren alle nicht markiert und die positiven Kontrollen waren alle markiert. Die Markierung war also auch nach zwei Jahren noch zweifellos nachweisbar.

Die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Hallwilersee kann somit nach wie vor als stark beeinträchtigt eingestuft werden. Die Resultate dieses Markierungsversuches zeigen aber auch, dass ein kleiner Anteil Felchen von der natürlichen Fortpflanzung stammt und dass dieser Anteil bereits im zweiten Lebensjahr deutlich zunimmt.

2 Einführung

2.1 AUSGANGSLAGE

Die meisten kommerziell genutzten Fischarten werden in der Schweiz durch Besatzmassnahmen gestützt. Es wird davon ausgegangen, dass die Populationsgrössen der natürlichen oder durch die Fischerei verursachten schwankenden Jahrgangsstärken durch diesen Besatz stabilisiert und dadurch in bestimmten Gewässern die fehlende natürliche Reproduktion kompensiert wird[3]. Der Erfolg dieser Massnahmen ist sowohl national[3, 6] als auch international[1, 9] sehr unterschiedlich. Darüber hinaus werden je länger je mehr auch die negativen Auswirkungen erkannt, die der Besatz auf die Fitness, die genetische Vielfalt und auf die Erhaltung von lokalen Anpassungen der Populationen haben kann.[4, 11-13, 17, 20] Der Bund hat aufgrund dieser Erkenntnisse einen Leitfaden publiziert, der eine Aufzuchtpraxis vorschlägt, die zu einer Minimierung dieser negativen Auswirkungen führen soll.[4] Die negativen Auswirkungen der künstlichen Verpaarung und der Selektion innerhalb einer Zucht können jedoch nur marginal eliminiert werden. Die Besatzmassnahmen sollten demzufolge nur angewendet werden, wenn sie sinnvoll sind und die natürlichen Populationen nicht gefährden.

Der Hallwilersee leidet schon länger unter den Auswirkungen der Eutrophierung des letzten Jahrhunderts. In den letzten Jahren hat sich die Wasserqualität jedoch wesentlich verbessert. Der volumengewichtete Zirkulationswert (Ende März) des Phosphorgehaltes ist 2013 auf 13µg/l gesunken und bewegt sich nun im Bereich des für den Hallwilersee festgelegten Zielbandes[5] von 10-20 µg/l. Das Tiefenwasser des Sees wird jedoch nach wie vor belüftet und mit Sauerstoff versorgt.[10] Aufgrund der starken Verbesserung des Phosphorgehalts wird nun überlegt, ob die kostspieligen Belüftungsmassnahmen eingestellt werden können. Als Indikator für die Gesundung eines Sees wurde die Wiederherstellung der natürlichen Fortpflanzung aller Fischarten definiert, insbesondere aber die der Felchen.[8] Bisherige Studien zeigen jedoch, dass die natürliche Entwicklung der Felcheneier auf dem Seesediment heute zumindest stark beeinträchtigt oder gar unmöglich ist[7, 18]

Daher wurden die Felchen im Hallwilersee, nachdem die ursprüngliche Population quasi ausgestorben war,[15] seit Jahren durch Besatzmassnahmen gestützt. Die heutige Felchenpopulation des Sees entspricht einer Mischung von Felchen von unterschiedlichem Ursprung. Scheinbar sind Gene aus dem Vierwaldstättersee-, dem Zürichsee- und dem Neuenburgerseesystem vorhanden.[14] Die ursprünglich einheimischen Felchen des Hallwilersees gibt es demzufolge nicht mehr. Beim Besatz kommen heute verschiedene Strategien zum Einsatz. Die Frage, die sich heute stellt ist deshalb, ob der Felchenbestand im Hallwilersee allein auf den Besatzmassnahmen beruht oder ob die natürliche Fortpflanzung bereits einen Teil dazu beiträgt. Um dies herauszufinden wurden im Winter 2013/2014 alle für den Besatz bestimmten Felcheneier des Hallwilersees mit Farbstoff Alizarinrot markiert.[19] Insgesamt wurden 309 Liter Felcheneier markiert.

2.2 ZIEL DER ERSTEN ERFOLGSKONTROLLE

Ziel der Erfolgskontrolle ist bei den 0+(2014)-, 1+(2015)-, 2+(2016)- und 3+(2017)-Felchen im Hallwilersee zu überprüfen, wie gross der Anteil markierter Fische ist. Aufbauend auf diesen Resultaten sollen Empfehlungen für die Bewirtschaftung formuliert sowie über den aktuellen Stand der Seesanierung in Bezug auf die festgelegten Ziele informiert werden.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Insgesamt wurden 2015 vom Berufsfischer Heinz Weber 100 Felchen gefangen und für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Sie wurden mit einer Maschenweite von 20 mm gefangen (Vorgabe aus der Vorstudie[16]).

Als positive Kontrolle (Fische die sicher markiert sind) wurden 18 markierte 1+-Fische untersucht, die nach der Markierung an der EAWAG in einem Aquarium aufgezogen wurden. Als negative Kontrolle wurden 2+-Felchen aus dem Fang von Heinz Weber herangezogen, die nicht markiert sein sollten.

3.2 ALTERSBESTIMMUNG

Für die Altersbestimmung wurden oberhalb der Seitenlinie auf der Höhe der Rückenflosse, oder in der Nähe des Kopfes einige Schuppen entnommen. Anhand der Jahresringe auf den Schuppen wurde das Alter der Felchen bestimmt.

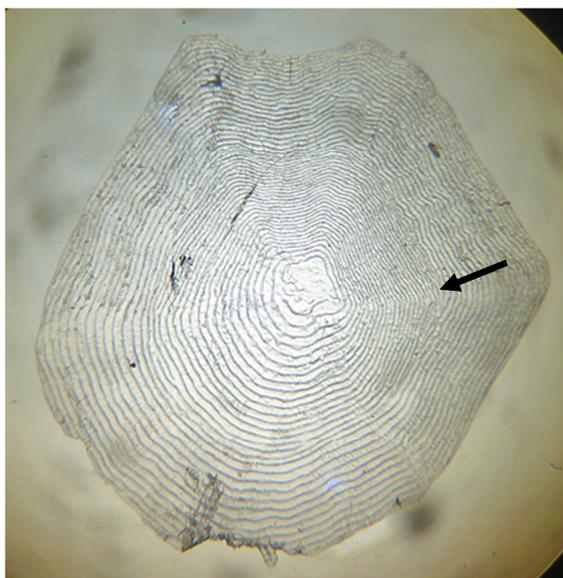


Abbildung 3-1. Beispiel einer Schuppe von einem 1+ Felchen aus dem Hallwilersee. Der Jahresring ist mit einem schwarzen Pfeil angedeutet.

3.3 KONTROLLE DER MARKIERUNG DER OTOLITHENKNOCHEN

Im Labor wurden die zu untersuchenden Fische seziiert und die Otolithen extrahiert. Dabei wurde der Kopf der Fische in der Mitte in Längsrichtung geteilt. Unter dem Binokular (Vergrößerung ca. 20fach) wurden die Otolithen (meistens die zwei Sagitta) mit einer feinen Pinzette entnommen, gereinigt und kurz getrocknet. Danach wurden sie mit der gewölbten Form nach oben (die „Sulcus acusticus“ Rinne nach unten) auf einen Mikroskop-Objekttträger fixiert. Die Markierungen auf den Otolithen wurden schliesslich mit einem Fluoreszenzmikroskop (BP 546nm / FT 580nm / LP 590nm) bei einer bis zu 70fachen Vergrößerung überprüft. Diese erscheinen unter dem Mikroskop rötlich leuchtend (Abbildung 3-2).

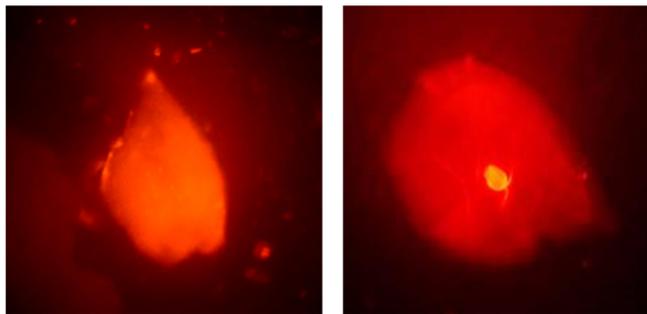


Abbildung 3-2. Links: Beispiel eines nicht markierten Otolithenknochens. Rechts: Beispiel eines markierten Otolithenknochens. Die fluoreszierende Fläche im Nukleus des Knochens ist klar erkennbar.

4 RESULTATE

4.1 ALTERSTBESTIMMUNGEN

Die Altersbestimmung konnte nur an 78 Fischen vorgenommen werden, da von den anderen keine Schuppen mehr vorlagen (Kopf ohne Schuppen stand als Probe zur Verfügung). Von den 78 untersuchten Felchen waren 24 2+ und 54 1+ Fische (Abbildung 4-1). Die Längenverteilung (lag nur für ganze Fische vor N=39) zeigt, dass sich die 0+ und die 1+ Felchen in der Länge überlappen. Die Altersbestimmung war also zur Unterscheidung der beiden Altersklassen notwendig. Die Otolithen aller 1+ und 2+ Fische (als negative Kontrolle) wurden anschliessend untersucht.

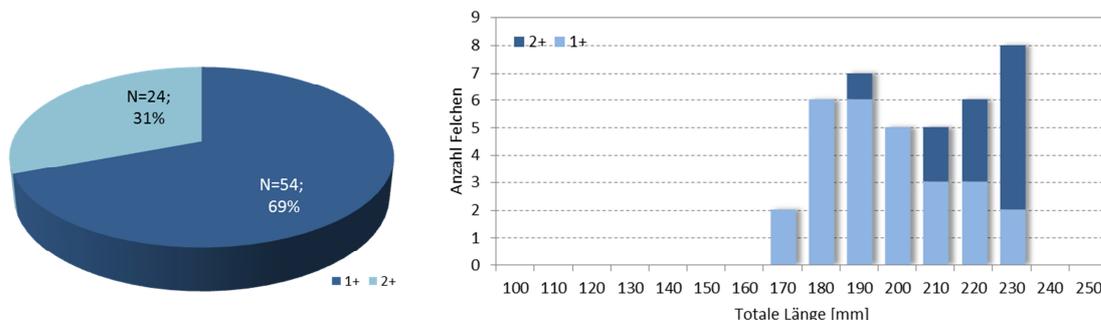


Abbildung 4-1. Links: Anteil an 1+ und 2+ Felchen im Untersuchungsmaterial. Rechts: Längenverteilung der 1+ und 2+ Fische im Hallwilersee (nicht alle Fische standen als ganze Individuen zur Verfügung).

4.2 MARKIERUNG DER OTOLITHEN

Tabelle 4-1. Zusammenstellung der Anzahl Fische mit und ohne Alizarinrotmarkierung, die untersucht wurden.

	0+ (2014)	1+ (2015)	Negative		Positive	Total
			Kontrolle (2+)	Kontrolle (1+)		
Markiert	63 (95%)	43 (78%)	0 (0%)	18 (100%)	124	
Nicht markiert	3 (5%)	12 (22%)	23 (100%)	0 (0%)	38	
Total	66	55	23	18	162	

Die Untersuchungen von 2014 hatten ergeben, dass bei den 0+ Felchen die im Hallwilersee gefangen wurden 63 von 66 Individuen markiert waren (95 %, Konfidenzintervall 91 % - 98.5 %).

2015 waren bei den 1+ Felchen 43 von den 55 untersuchten 1+ Fischen markiert. Dies entspricht 78% der gefangenen 1+ Fische. Die 95% Konfidenzintervalle bei 55 untersuchten Tieren liegen bei 67.4 %-87.3 %. Dies bedeutet dass 2015 zwischen 67.4 % - und 87.3 % der 1+ Felchen im See von den Besatzmassnahmen stammen. Somit ist der Anteil markierter 1+ Fische statistisch signifikant geringer als dies bei den 0+ Felchen der Fall war. Insgesamt ist der Anteil markierter Fische aber nach wie vor hoch.

Bei den 1+ Fischen die markiert wurden und als Kontrolle in einem Aquarium aufgezogen wurden (positive Kontrolle) waren von 18 Fischen alle 18 markiert. Bei den 2+ Fischen die im See gefangen wurden und nicht markiert sein sollten war keiner der 23 Fische markiert (negative Kontrolle).

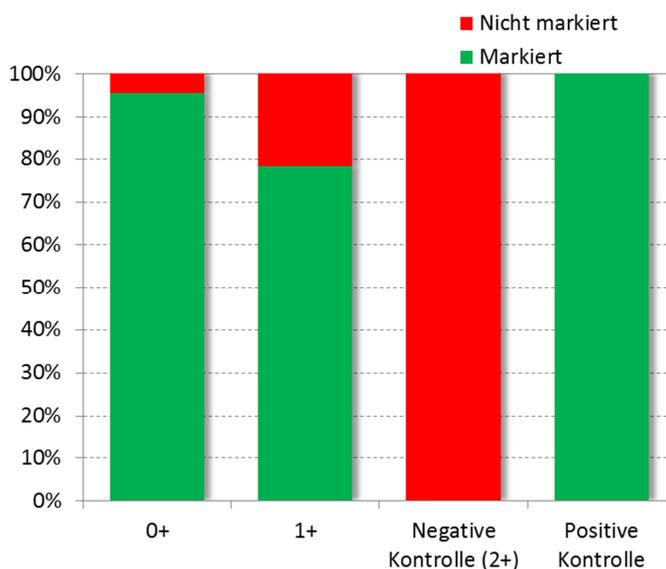


Abbildung 4-2. Abbildung des Anteils der Fische mit und ohne Alizarinrotmarkierung, die untersucht wurden.

5 DISKUSSION DER RESULTATE

5.1 ANTEIL DES BESATZES AM JUNGSELCHENAUFKOMMEN

Die Resultate des Markierungsversuches der Hallwilerseefelchen mittels Alizarinrotfärbung haben gezeigt, dass bei den 0+ Felchen ca. 95% der Jungfische von den Besatzmassnahmen stammen. Bei den 1+ Felchen waren es noch ca. 78%. In einem Gewässer mit funktionierender natürlicher Reproduktion wäre bei 0+ Fischen ein deutlich höherer Anteil von 50-100% an nicht markierter Fische zu erwarten [2, 3]. Somit kann die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Hallwilersee weiterhin als stark beeinträchtigt eingestuft werden.

Aus der seit 1989 in 17 Jahren durchgeführten Studie der Eientwicklung geht hervor, dass der Anteil an Eiern, die sich im See entwickeln konnten, deutlich zugenommen hat[18]. Die Resultate dieses Markierungsversuches zeigen somit auch, dass ein kleiner Anteil Felchen von der natürlichen Fortpflanzung stammt. Dieser Anteil hat zwischen den Jahren 2014 und 2015, also zwischen 0+ und 1+ Felchen aber deutlich zugenommen. Dies suggeriert, dass Fische, die aus der natürlichen Reproduktion stammen, im See einen selektiven Vorteil gegenüber besetzten Fischen haben.

Dieser wichtige Mechanismus für den Erhalt von lokal angepassten Fischpopulationen konnte beispielsweise auch bei den Forellen im Doubs nachgewiesen werden. Während bei 0+ Forellen der Anteil markierter Fische, die von Besatzmassnahmen stammten, noch bei relativ hohen und erfolgsversprechenden 23-60% lag, nahm diese mit den Jahren stark ab. Nach drei Jahren konnten kaum mehr markierte Fische im Gewässer nachgewiesen werden.

5.2 ALIZARINROTMARKIERUNG

Dank den Erfahrungen aus der Vorstudie[16] konnte das gesamte Besatzmaterial des Jahrgangs 2014 der Hallwilersee-Felchen erfolgreich markiert werden. Die Kontrollen der Markierung bei 0+ und 1+ Fischen bestätigen, dass die Markierung klar ersichtlich ist und bleibt. Die Methode eignet sich somit gut, um mit vergleichsweise wenig Aufwand eine grosse Anzahl Felchen zu markieren.

6 EMPFEHLUNGEN

Sowohl die Untersuchung der Entwicklung der Felcheneier also auch der Markierungsversuch haben gezeigt, dass die natürliche Fortpflanzung im Hallwilersee nach wie vor stark beeinträchtigt ist. Insbesondere die Markierungsstudie zeigt aber auch, dass zumindest ein kleiner Teil der Felchen im See von der natürlichen Reproduktion abstammen und dieser Anteil mit dem Wachstum der Felchen offensichtlich stark zunimmt. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollten die Bemühungen der Bewirtschaftung der Felchen (künstliche Aufzucht) im Hallwilersee beibehalten werden.

7 LITERATURVERZEICHNIS

1. Steffens, W., *Yield and stocking of vendace (Coregonus albula) in northeast Germany* ERGEBNISSE DER LIMNOLOGIE, 1995. **46**: p. 405-412.
2. Degiorgi, F. and A. Champigneulle, *Diagnose piscicole et mesure de l'efficacité des alevinages en truite sur le Doubs Franco-Helvétique*, 2000, TELEOS, INRA Thonon.
3. Gmünder, R., *Erfolgskontrolle zum Fischbesatz in der Schweiz*, in MITTEILUNGEN ZUR FISCHEREI NR. 71 2002, Bundesamt für Umwelt: Bern.
4. Largiader, C.R. and D. Hefti, *Genetische Aspekte des Schutzes und der nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischarten*, in MITTEILUNGEN ZUR FISCHEREI NR. 732002, Bundesamt für Umwelt: Bern.
5. Aquaplus, *Kieselalgen im tieferen Sedimentkern des Hallwilersees zur Präzisierung der biologischen Sanierungsziele*, 2005, Aquaplus: Zug.
6. Eckmann, R., M. Kugler, and C. Ruhle, *Evaluating the success of large-scale whitefish stocking at Lake Constance*, in *Biology and Management of Coregonid Fishes - 2005*, M. Jankun, et al., Editors. 2007, E Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung: Stuttgart. p. 361-368.
7. Müller, R., *Warum können sich die Felchen noch nicht natürlich vermehren?*, in *Umwelt Aargau, Sondernummer 24* 2007, Kanton Aargau Aarau.
8. Schmid, M. and A. Stöckli, *Die Überdüngung des Hallwilersees- eine Krankheitsgeschichte*, in *Umwelt Aargau, Sondernummer 24* 2007.
9. Araki, H. and C. Schmid, *Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys*. *Aquaculture*, 2010. **308**: p. 2-11.
10. Stöckli, A., *Dem Hallwilersee geht es immer besser*, in *Umwelt Aargau Nr. 49* 2010, Kanton Aargau.
11. Vonlanthen, P., Y. Marbach, and O. Seehausen, *Genetische Differenzierung der Äschen im Kanton St. Gallen*, EAWAG, Editor 2010, EAWAG: Kastanienbaum.
12. Vonlanthen, P. and W. Salzburger, *Populationsgenetische Untersuchung der Äschen in der Birs*, 2010, Universität Basel: Basel.
13. Cattaneo, F., et al., *Caractérisation génétique des populations d'ombre commun (Thymallus thymallus) de Suisse et France transfrontalière*, 2011.
14. Hudson, A.G., P. Vonlanthen, and O. Seehausen, *Rapid parallel adaptive radiations from a single hybridogenic ancestral population*. *Proc. R. Soc. B.*, 2011. **278**: p. 58-66.
15. Vonlanthen, P., et al., *Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations*. *Nature*, 2012. **482**: p. 375-362.
16. Aquabios, *Otolithenmarkierung der Felchen vom Hallwilersee - Vorstudie*, 2013, Aquabios: Châtonnaye. p. 37.
17. Milot, E., et al., *Reduced fitness of Atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding*. *Evolutionary Applications*, 2013. **6**(3): p. 472-485.
18. Müller, R., *Untersuchung über die Entwicklung der Felcheneier im Hallwilersee* 2013, 2013, LIMNOS Fischuntersuchungen: Horw.
19. Aquabios, *Otolithenmarkierung der Felcheneier vom Hallwilersee - 2014 - Ergebnisse der Markierung*, 2014, Aquabios GmbH: Châtonnaye.
20. Frankham, R., J.D. Ballou, and D.A. Briscoe, *Introduction to Conservation Genetics*. 2002, Cambridge, : Cambridge University Press.