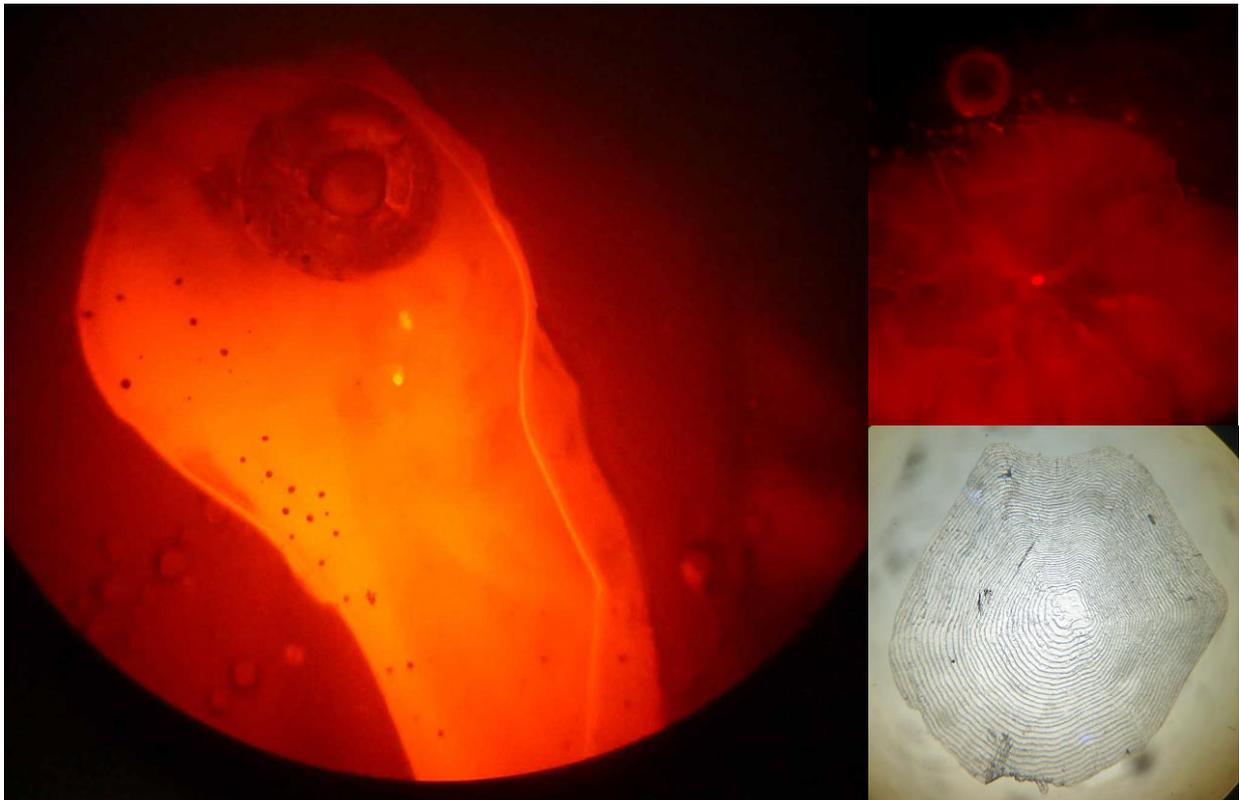


OTOLITHENMARKIERUNG DER FELCHEN VOM HALLWILERSEE

ERFOLGSKONTROLLE 3 (2+) 2016



Zwischenbericht 2016: 14.02.2016

Aquabios GmbH
Les Fermes 57
CH-1792 Cordast
<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	4
3	VORGEHENSWEISE	5
3.1	UNTERSUCHUNGSMATERIAL	5
3.2	ALTERSBESTIMMUNG	5
3.3	KONTROLLE DER MARKIERUNG DER OTOLITHENKNOCHEN	5
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	10

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 drei 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 82 % (Konfidenzintervall: 73-90 %), die von den Besatzmassnahmen stammen. 2016 waren es bei den 2+ Felchen erneut 95 % (Konfidenzintervall: 90-99 %), die markiert waren. Der Anteil hat sich also zwischen 2014 und 2016 nicht verändert, erlebte jedoch 2015 eine Abnahme, die nicht erklärt werden kann. Die negativen Kontrollen waren alle nicht markiert und die positiven Kontrollen waren alle markiert. Die Markierung war also auch nach drei Jahren noch zweifellos nachweisbar.

Die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Hallwilersee kann somit als stark beeinträchtigt eingestuft werden. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollten die Bemühungen der Bewirtschaftung der Felchen (künstliche Aufzucht) im Hallwilersee beibehalten werden.

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, 21]. 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 [20]. 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, 20]. 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 unterschiedlichen Ursprungs. Scheinbar sind Gene aus dem Vierwaldstättersee-, dem Zürichsee- und dem Neuenburgersee-System 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 Seesanieung in Bezug auf die festgelegten Ziele informiert werden.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Insgesamt wurden im Jahr 2016 vom Berufsfischer Heinz Weber ca. 200 Felchen gefangen und die Köpfe für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt. 120 wurden für die Erfolgskontrolle verwendet. Sie wurden mit einer Maschenweite von 30 mm gefangen (Vorgabe aus der Vorstudie[16]). Als negative Kontrolle wurden 1+-Felchen, die nicht markiert sein sollten, aus dem Fang von Heinz Weber herangezogen und zu den Kontrollen von 2014 und 2015 gezählt.

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 2+-Felchen aus dem Hallwilersee. Die Jahresringe sind mit schwarzen Pfeile 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. Die Otolithen (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-Objektträger 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).

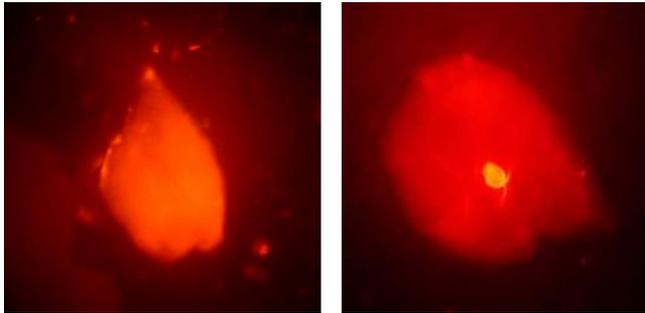


Abbildung 3-2. Links: Beispiel eines nicht markierten Otolithenknochens. Rechts: Beispiel eines markierten Otolithenknochens. Die fluoreszierende Fläche im Nukleus des Knochens ist klar erkennbar.

4 RESULTATE

4.1 ALTERSTBESTIMMUNGEN

Die Altersbestimmung konnte an allen 120 Fischen vorgenommen werden. Da nur Köpfe zur Verfügung standen, konnte die Fischlänge nicht untersucht werden. Von den 120 untersuchten Individuen waren 14 1+-, 83 2+- und 23 3+-Felchen (Abbildung 4-1). Die Maschenweite war also ideal gewählt und im Fang waren hauptsächlich 2+ Fische, das Zielalter für diese Untersuchung.

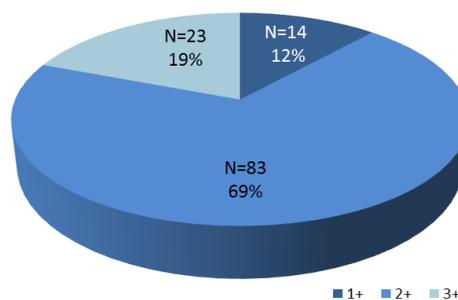


Abbildung 4-1. Anteil an 1+-, 2+- und 3+-Felchen im Untersuchungsmaterial.

4.2 MARKIERUNG DER OTOLITHEN

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

	0+ (2014)	1+ (2015)	2+ (2016)	Negative Kontrollen	Positive Kontrollen	Total
Markiert	63 (95%)	43 (83%)	79 (95%)	0 (0%)	28 (100%)	213
Nicht markiert	3 (5%)	9 (17%)	4 (5%)	58 (100%)	0 (0%)	74
Total	66	52	83	58	28	287

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 %). Im Bericht von 2015 wurden bei den 1+-Felchen 43 von den 55 untersuchten 1+-Felchen als markiert angegeben. Eine Nachkontrolle der Altersbestimmung und der Markierung hat ergeben, dass bei drei Fischen das Alter falsch bestimmt wurde. Daher wurden die Werte für 2015 in diesem Bericht angepasst. Neu sind von 52 1+-Felchen 43 markiert (83%, Konfidenzintervall 73.1 % - 90 %) und neun (17%) nicht markiert.

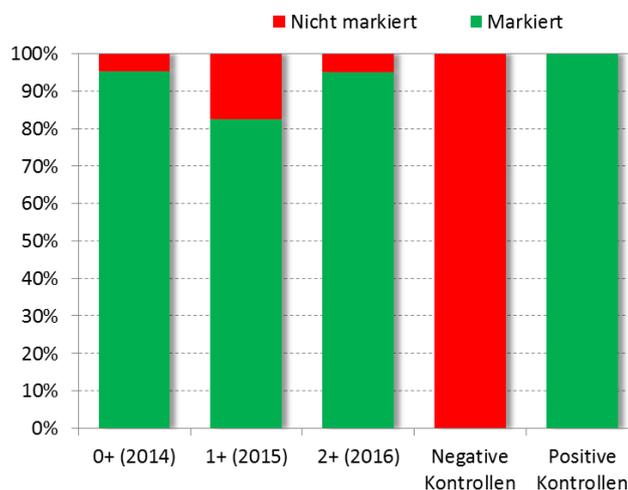


Abbildung 4-2. Abbildung des Anteils der Fische mit und ohne Alizarinrotmarkierung, die untersucht wurden.

2016 waren bei den 2+-Felchen 79 von den 83 untersuchten markiert. Dies entspricht 95 % der gefangenen 2+-Fische. Die 95% Konfidenzintervalle bei 83 untersuchten Tieren liegen bei 90.0 %-98.8 %. Dies bedeutet dass 2016 zwischen 90.0 % und 98.8 % der 2+-Felchen im See von den Besatzmassnahmen stammen. Somit ist der Anteil markierter 2+-Fische statistisch signifikant höher als dies bei den 1+-Felchen der Fall war und in etwa identisch zu den Werten, die bei den 0+-Fischen beobachtet wurden. Insgesamt ist der Anteil markierter Fische hoch. Die restlichen 1.2 % – 10 %stammen entweder von der natürlichen Fortpflanzung, oder sind vom Baldeggersee abgewandert.

Bei den Fischen die markiert wurden und als Kontrolle in einem Aquarium aufgezogen wurden (positive Kontrolle) waren von 28 Fischen alle 28 markiert (Alter 0+ bis 1+). Bei den Fischen der negativen Kontrolle, die im See gefangen wurden und nicht markiert sein sollten, war keiner der 58 Fische markiert (Fänge von 2014 bis 2016).

5 DISKUSSION DER RESULTATE

5.1 ANTEIL DES BESATZES AM JUNGFELCHENAUFKOMMEN

Die Resultate des Markierungsversuches der Hallwilerseefelchen mittels Alizarinrotfärbung haben gezeigt, dass bei den 0+-Felchen ca. 95% der Jungfische markiert waren. Bei den 1+-Felchen waren es noch ca. 82%. Bei den 2+ sind es erneut 95%. In einem Gewässer mit funktionierender natürlicher Reproduktion wäre bei 0+-Fischen ein deutlich höherer Anteil von 50-100% an nicht markierten Fischen zu erwarten [2, 3]. Somit muss die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Hallwilersee 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, 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 deutlich zugenommen. Danach aber auch wieder abgenommen. Die Gründe für den hohen Wert im Jahr 2015 sind unklar. Die Markierung und die Altersbestimmung wurden 2016 überprüft und der Wert musst daraufhin nur leicht korrigiert werden. Mögliche Erklärungen sind:

- Der Fang eines Fischers ist nicht repräsentativ für den Bestand im See. So könnten z.B. mehr oder weniger Zuchtfische gefangen werden ja nach Fischschwarm, der am Fang beteiligt war.
- Das Wachstum der natürlich verlaichten und der Zuchtfische ist nicht gleich. Dadurch führt der Nutzen einer Maschenweite zu einer selektiven Bevorzugung der Besatzfische oder der natürlich verlaichten Fische. Dies konnte 2016 nicht überprüft werden, da die Länge der Fische nicht bekannt war.
- Bei der Altersbestimmung wurden 2015 mehr Fehler gemacht. In der Tat waren die Schuppen von 2015 weniger gut lesbar als 2016. Die Altersbestimmung wurde aber überprüft und dies dürfte nicht der Hauptgrund sein.

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 dürfte. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollten die Bemühungen der Bewirtschaftung der Felchen (künstliche Aufzucht) im Hallwilersee beibehalten werden.

Bei der letzten Probenahme 2017 sollte darauf geachtet werden, **dass die Grösse der Fische, das Gewicht, der Fangort (Koordinaten), der Reifegrad, die Fangtiefe und das Geschlecht erfasst werden. Weiter sollten die Kiemenreusendornen und die Schuppen entnommen werden. Anhand dieser Angaben können Fische aus der natürlichen Reproduktion mit Besatzfischen verglichen 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. 73 2002, 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. Stöckli, A., *Hallwilersee - nachhaltige Gesundheit sicherstellen*. *Umwelt Aargau*, 2015. **69**: p. 23-28.
21. Frankham, R., J.D. Ballou, and D.A. Briscoe, *Introduction to Conservation Genetics*. 2002, Cambridge, : Cambridge University Press.