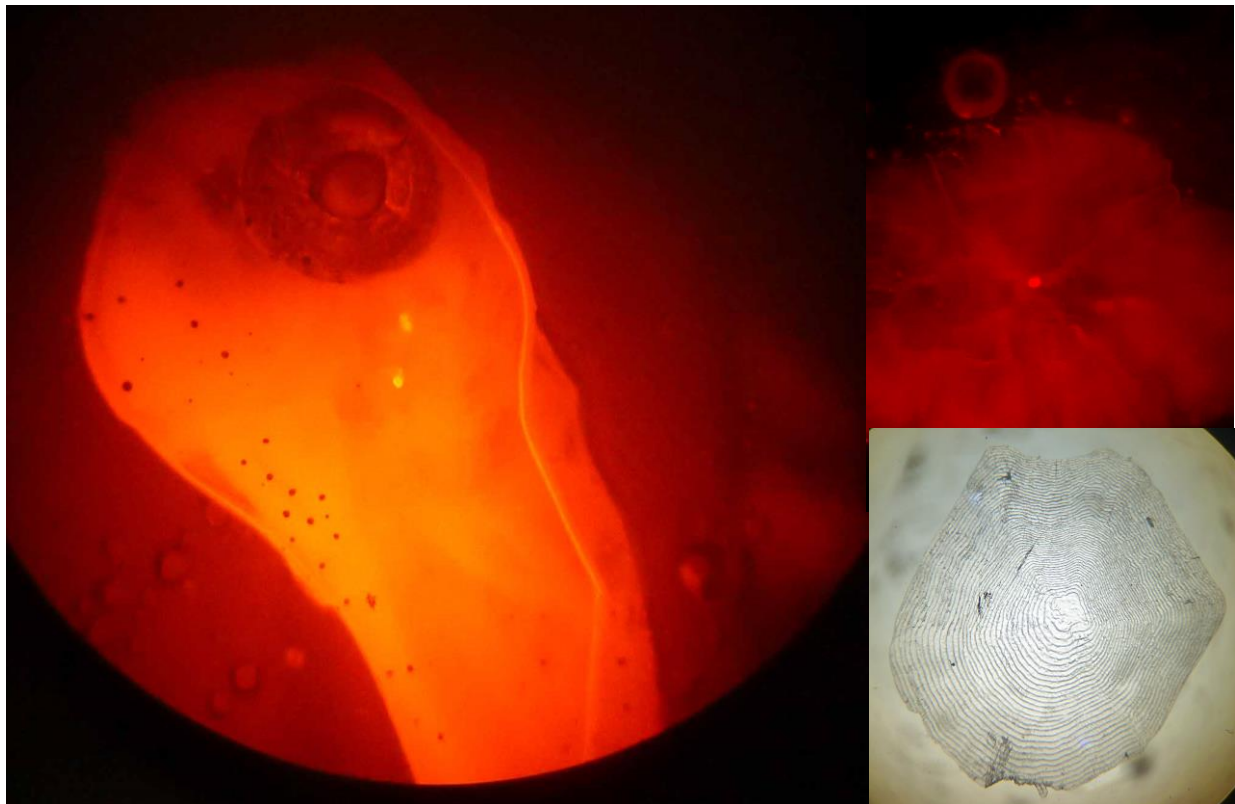


OTOLITHENMARKIERUNG DER FELCHEN VOM HALLWILERSEE

ERFOLGSKONTROLLE 1



Abschlussbericht: 24.11.2013

Aquabios GmbH
Rte de Payerne 18
CH-1553 Châtonnaye
Tel. +41 (0)26 658 12 44
Fax. +41 (0)26 658 12 44
<http://www.aquabios.ch>

Autoren:
Daniel Schlunke
d.schlunke@aquabios.ch
Pascal Vonlanthen
p.vonlanthen@aquabios.ch

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
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	9
7 LITERATURVERZEICHNIS	10

1 Zusammenfassung

Im Hallwilersee konnten sich die Felchen in den letzten Jahren 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 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 zeigen, dass über 90% der Jungfische von den Besatzmassnahmen stammen. Da in einem Gewässer mit funktionierender natürlicher Reproduktion bei 0+ Fischen ein deutlich höherer Anteil von 50-100% erwartet worden wäre, kann die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Hallwilersee als stark beeinträchtigt eingestuft werden. Die Resultate dieses Markierungsversuches zeigen aber auch, dass ein kleiner Anteil Felchen von der natürlichen Fortpflanzung stammt. Dabei ist zu erwarten, dass der Anteil von der natürlichen Reproduktion abstammenden Felchen durch die natürliche Selektion mit der Zeit noch zunimmt.

Der Markierungsversuch hat gezeigt, dass die natürliche Fortpflanzung im Hallwilersee nach wie vor stark beeinträchtigt ist. Zumindest ein kleiner Teil der Felchen im See stammt jedoch von der natürlichen Reproduktion ab. Bei einer weiteren Verbesserung des Sauerstoffhaushaltes im See ist deshalb zu erwarten, dass eine weitere positive Entwicklung des Erfolgs der natürlichen Fortpflanzung möglich ist. Es wird deshalb empfohlen die Entwicklung der natürlichen Fortpflanzung der Felchen weiter zu beobachten.

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 wird¹. Der Erfolg dieser Massnahmen ist sowohl national^{2,1} als auch international sehr unterschiedlich^{3,4}. 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 kann⁵⁻¹⁰. Der Bund hat aufgrund dieser Erkenntnisse einen Leitfaden publiziert, der eine Aufzuchtpraxis vorschlägt, die zu einer Minimierung dieser negativen Auswirkungen führen soll¹⁰. Die potentiell negativen Auswirkungen der künstlichen Verpaarung und der Selektion innerhalb einer Zucht können jedoch nicht 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. 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 Zielband¹¹ von 10 – 20 µg/l. Das Tiefenwasser des Sees wird jedoch nach wie vor belüftet und mit Sauerstoff versorgt¹². Aufgrund der starken Verbesserung des Phosphorgehalts wird nun überlegt, ob die kostspieligen Belüftungsmassnahmen eingestellt werden können. Als Indikator für die Gesundheit eines Sees wurde die Wiederherstellung der natürlichen Fortpflanzung aller Fischarten definiert, insbesondere aber die der Felchen¹³. Bisherige Studien zeigen jedoch, dass die natürliche Entwicklung der Felcheneier auf dem Seesediment heute zumindest stark beeinträchtigt oder gar unmöglich ist^{14,15}.

Daher wurden die Felchen im Hallwilersee, nachdem die ursprüngliche Population quasi ausgestorben war¹⁶, 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 vorhanden¹⁷. 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 wurde im Winter 2013/2014 alle Felcheneier des Hallwilersees mit Farbstoff Alizarinrot markiert¹⁸.

2.2 ZIEL DER ERSTEN ERFOLGSKONTROLLE

Ziel der ersten Erfolgskontrolle ist bei den 0+ Felchen im Hallwilersee zu überprüfen wie gross der Anteil markierter Fische ist. Aufbauend auf diesen Resultaten sollen Empfehlungen für die

Bewirtschaftung (bezogen auf die verschiedenen Besatzstrategien die am Hallwilersee angewendet werden¹⁹) und allenfalls für eine Forstsetzung der Markierungen formuliert werden.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Insgesamt wurden vom Berufsfischer Heinz Weber 134 Felchen gefangen und uns für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt. 74 Fische wurden mit einer Maschenweite zwischen 10 und 13mm gefangen (Vorgabe aus der Vorstudie¹⁹). Da es mit diesen Maschenweiten recht schwierig war junge Felchen zu fangen, hat Herr Weber zusätzlich Versuch mit einem 20mm Netz weitere Felchen zu fangen. Dabei kamen nochmals 20 Felchen zusammen, die allerdings etwas grösser waren.

Als positive (Fische die sicher Markiert sind) Kontrolle wurden zehn markierte Fische untersucht, die nach der Markierung in der Fischbrutanstalt Delphin in einem Aquarium aufgezogen wurden. Als negativ Kontrolle wurden 1+ Felchen aus dem Fang von Herrn Weber herangezogen.

3.2 ALTERSBESTIMMUNG

Für die Altersbestimmung wurden oberhalb der Seitenlinie auf der Höhe der Rückenflosse einige Schuppen entnommen. Anhang der Jahresringe auf den Schuppen wurde das Alter der Felchen bestimmt.

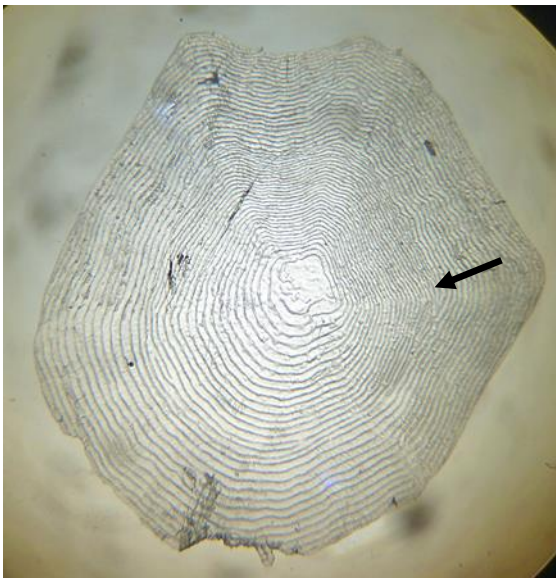


Abbildung 3-1. Beispiel einer Schuppe von einem 1+ Felchen aus dem Hallwilersee. Der Jahresring ist mit einem schwarzen Pfeil markiert.

3.3 KONTROLLE DER MARKIERUNG DER OTOLITHENKNOCHEN

Im Labor wurden die 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-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).

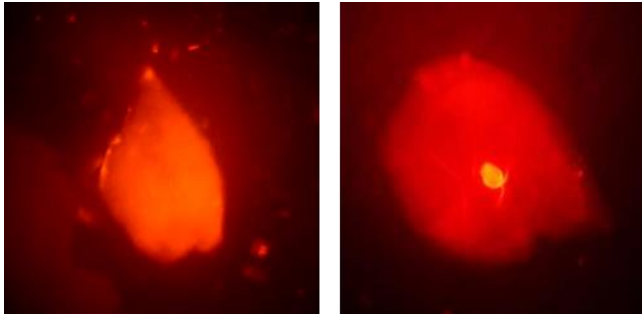


Abbildung 3-2. Links: Beispiel eines nicht markierten Otolithenknochens. Rechts: Beispiel eines markierten Otolithenknochens. Die fluoreszierende Fläche im Nukleus des Knochens ist klar erkennbar

4 RESULTATE

4.1 ALTERSTBESTIMMUNGEN

Die Altersbestimmungen haben ergeben, dass von den 134 untersuchten Felchen 66 0+ und 68 1+ Fische waren (Abbildung 4-1). Die Längenverteilung zeigt, dass sich die 0+ und die 1+ Felchen auch in der Länge unterscheiden. Die Otolithen aller 0+ Fische wurden anschliessend untersucht. Von den 1+ Fischen wurden 19 Individuen als negative Kontrolle ebenfalls untersucht.

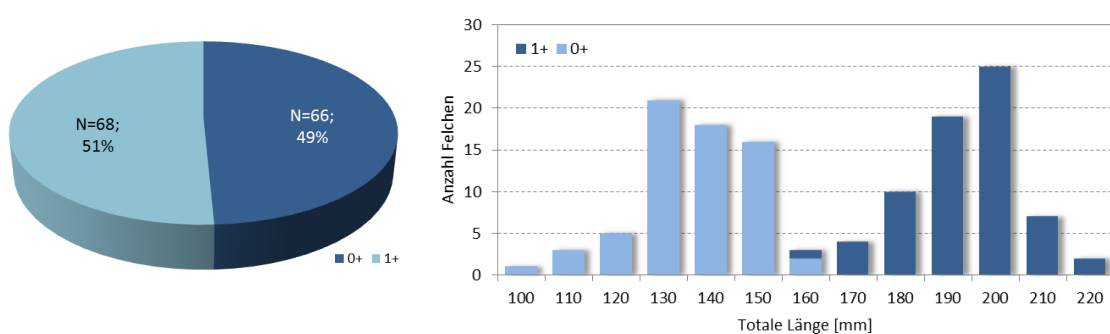


Abbildung 4-1. Links: Anteil an 0+ und 1+ Felchen im Untersuchungsmaterial. Rechts: Längenverteilung der 0+ und 1+ Fische im Hallwilersee

4.2 MARKIERUNG DER OTOLITHEN

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

	0+	Negative Kontrolle	Positive Kontrolle	Total
Markiert	63 (95%)	0 (0%)	10 (100%)	73
Nicht markiert	3 (5%)	19 (100%)	0 (0%)	22
Total	66	19	10	95

Die Untersuchung von 95 Otolithen hat ergeben, dass bei den 0+ Felchen die im Hallwilersee gefangen wurden 63 von 66 Individuen markiert waren (Tabelle 4-1, Abbildung 4-2). Dies entspricht 95% der gefangenen Fische. Die 95% Konfidenzintervalle bei 66 untersuchten Tiere liegen bei 91%-98.5%. Dies bedeutet dass 2014 zwischen 91% - und 98.5% der 0+ Felchen im See von den Besatzmassnahmen stammen.

Bei den 0+ Fischen die markiert wurden und in einem Aquarium aufgezogen wurden (positive Kontrolle) waren von 10 Fischen alle 10 markiert. Bei den 1+ Fischen die im See gefangen wurden und nicht markiert sein sollten war keiner der 19 Fische markiert (negative Kontrolle).

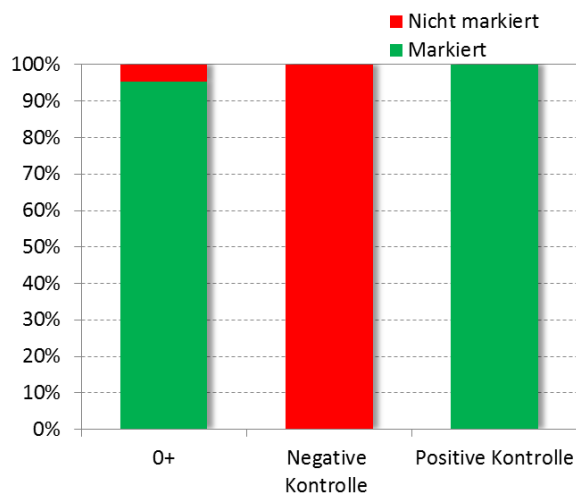


Abbildung 4-2. Abbildung der Anzahl Fische mit und ohne Alizarinrotmarkierung die untersucht wurden.

5 DISKUSSION DER RESULTATE

5.1 ANTEIL DES BESATZES AM JUNGSELCHENAUFKOMMEN

Die Resultate des Markierungsversuches der Hallwilerseefelchen mittels Alizarinrotfärbung zeigen, dass über 90% der Jungfische von den Besatzmassnahmen stammen. In einem Gewässer mit funktionierender natürlicher Reproduktion wäre bei 0+ Fischen ein deutlich höherer Anteil von 50-100% an nicht markierter Fische zu erwarten^{1,20}. Somit kann die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Hallwilersee als stark beeinträchtigt eingestuft werden. Dieser Markierungsversuch bestätigt somit die Schlussfolgerungen der Eientwicklungsstudie¹⁴, welche die natürliche Fortpflanzung als nicht funktionierend einstuft.

Aus der seit 1989 in 17 Jahren durchgeführten Studie der Eientwicklung geht aber auch hervor, dass der Anteil an Eiern die sich im See entwickeln konnten deutlich zugenommen hat¹⁴. Die Resultate dieses Markierungsversuches zeigen somit auch, dass ein kleiner Anteil Felchen von der natürlichen Fortpflanzung stammt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der vorliegenden Studie 0+ Felchen untersucht wurden, die ca. 6 Monate nach dem Aussetzen in den See gefangen wurden. Es ist deshalb zu erwarten, dass der Anteil von der natürlichen Reproduktion abstammenden Felchen mit der Zeit noch zunimmt. Dies weil die natürliche Selektion Wildfische üblicherweise fördert. Dieser wichtige Mechanismus für den Erhalt von lokal angepassten Fischpopulationen konnte beispielsweise 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 waren kaum mehr markierte Fische im Gewässer. Inwiefern und in welchem Ausmass die natürliche Selektion auch bei den Felchen des Hallwilersees eine Rolle spielt kann anhand der vorliegenden Resultate nicht abgeklärt werden. Dies müsste im Rahmen einer zweiten Erfolgskontrolle bei adulten Felchen abgeklärt werden.

5.2 ALIZARINROTMARKIERUNG

Dank den Erfahrungen aus der Vorstudie¹⁹ konnte das gesamte Besatzmaterial des Jahrgangs 2014 der Hallwilersee-Felchen erfolgreich markiert werden. Die Kontrollen der Markierung in diesem Bericht und kurz nach der Markierung¹⁸ bestätigen, dass alle Fische markiert sind und die Markierung auch klar ersichtlich ist und bleibt. Bei der Präparation der Otolithen musste jedoch vorsichtig vorgegangen werden, da ansonsten die Markierung der Nukleus hätte verpasst werden können. 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. Beide Studien zeigen aber auch, dass zumindest ein kleiner Teil der Felchen im See von der natürlichen Reproduktion abstammen. Bei einer weiteren Verbesserung des Sauerstoffhaushaltes im See ist deshalb zu erwarten, dass eine weitere positive Entwicklung des Erfolgs der natürlichen Fortpflanzung möglich ist. Wir empfehlen deshalb, dass das Monitoring der Entwicklung fortgeführt wird.

Weiter erscheint es uns ratsam zu überprüfen wie gross der Anteil an besetzten Fischen nach 3 Jahren bei den fangfähigen Felchen ist. Zu diesem Zweck könnten entweder 2016 2+ Felchen oder 2017 3+ Felchen untersucht werden.

Schliesslich bleibt die Frage ungeklärt, welche der im Hallwilersee angewendeten Aufzuchtstrategien (Abbildung 6-1) erfolgreicher sind. Die Züchter legen viel Arbeit in die Zuchten. Es könnte deshalb von Interesse sein zu überprüfen ob und wenn ja welche der Methoden den grössten Besitzerfolg aufweisen. Eine Teilmarkierung der Felchen könnten für diese Fragestellungen durchgeführt werden. Durch den hohen Anteil an Fischen die von Besatzmassnahmen abstammen bleibt dabei auch der Aufwand für die Erfolgskontrolle in einem vertretbaren Rahmen.

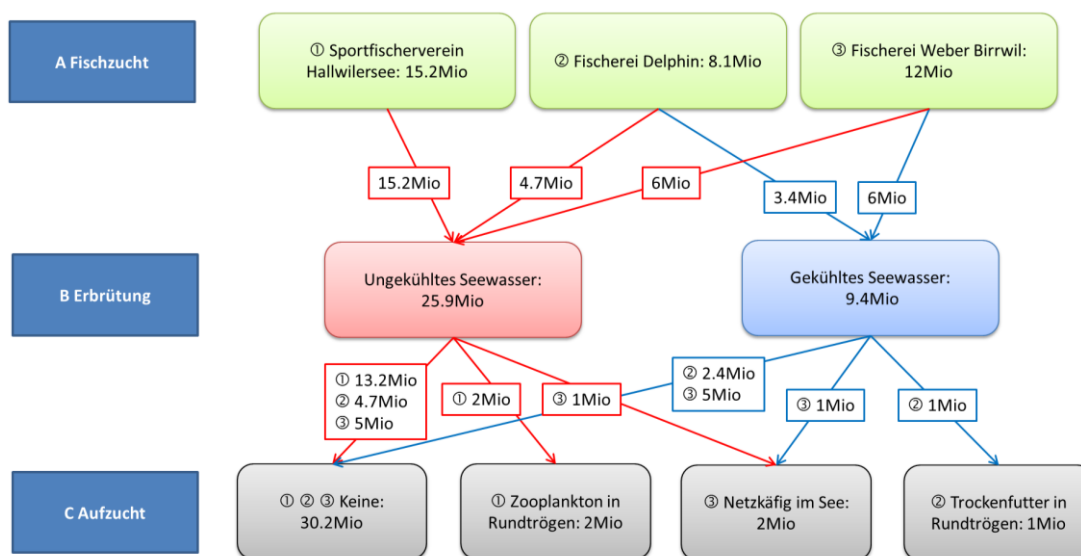


Abbildung 6-1. Darstellung der verschiedenen Strategien, die bei der Produktion von Besatzfischen im Hallwilersee eingesetzt werden¹⁹.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- 1 GMÜNDER, R. Erfolgskontrolle zum Fischbesatz in der Schweiz. (Bundesamt für Umwelt, Bern, 2002).
- 2 ECKMANN, R., KUGLER, M. & RUHLE, C. in *Biology and Management of Coregonid Fishes - 2005* Vol. 60 *Advances in Limnology* (eds M. Jankun, P. Brzuzan, P. Hliwa, & M. Luczynski) 361-368 (E Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2007).
- 3 ARAKI, H. & SCHMID, C. Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture* **308**, 2-11 (2010).
- 4 STEFFENS, W. Yield and stocking of vendace (*Coregonus albula*) in northeast Germany *ERGEBNISSE DER LIMNOLOGIE* **46**, 405-412 (1995).
- 5 FRANKHAM, R., BALLOU, J. D. & BRISCOE, D. A. *Introduction to Conservation Genetics*. 617 (Cambridge University Press, 2002).
- 6 MILOT, E., PERRIER, C., PAPILLON, L., DODSON, J. J. & BERNATCHEZ, L. Reduced fitness of Atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding. *Evolutionary Applications* **6**, 472-485 (2013).
- 7 CATTANEO, F., WINKLER, K., GRIMARDIAS, D., PERSAT, H. & WEISS, S. Caractérisation génétique des populations d'ombre commun (*Thymallus thymallus*) de Suisse et France transfrontalière. (2011).
- 8 VONLANTHEN, P. & SALZBURGER, W. Populationsgenetische Untersuchung der Äschen in der Birs. (Universität Basel, Basel, 2010).
- 9 VONLANTHEN, P., MARBACH, Y. & SEEHAUSEN, O. Genetische Differenzierung der Äschen im Kanton St. Gallen. (EAWAG, Kastanienbaum, 2010).
- 10 LARGIADER, C. R. & HEFTI, D. Genetische Aspekte des Schutzes und der nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischarten. (Bundesamt für Umwelt, Bern, 2002).
- 11 AQUAPLUS. Kieselalgen im tieferen Sedimentkern des Hallwilersees zur Präzisierung der biologischen Sanierungsziele. (Aquaplus, Zug, 2005).
- 12 STÖCKLI, A. in *Umwelt Aargau Nr. 49* (Kanton Aargau, 2010).
- 13 SCHMID, M. & STÖCKLI, A. in *Umwelt Aargau, Sondernummer 24* (2007).
- 14 MÜLLER, R. Untersuchung über die Entwicklung der Felcheneier im Hallwilersee 2013. (LIMNOS Fischuntersuchungen, Horw, 2013).
- 15 MÜLLER, R. in *Umwelt Aargau, Sondernummer 24* (Kanton Argau Aarau, 2007).
- 16 VONLANTHEN, P. *et al.* Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations. *Nature* **482**, 375-362 (2012).
- 17 HUDSON, A. G., VONLANTHEN, P. & SEEHAUSEN, O. Rapid parallel adaptive radiations from a single hybridogenic ancestral population. *Proc. R. Soc. B.* **278**, 58-66 (2011).
- 18 AQUABIOS. Otolithenmarkierung der Felcheneier vom Hallwilersee - 2014 - Ergebnisse der Markierung. (Aquabios GmbH, Châtonnaye, 2014).
- 19 AQUABIOS. Otolithenmarkierung der Felchen vom Hallwilersee - Vorstudie. 37 (Aquabios, Châtonnaye, 2013).
- 20 DEGIORGI, F. & CHAMPIGNEULLE, A. Diagnose piscicole et mesure de l'efficacité des alevinages en truite sur le Doubs Franco-Helvétique. (TELEOS, INRA Thonon, 2000).