

Besatzmassnahmen mit Forellen

Markierungsversuche 2013 bis 2019 im Kanton Aargau



Impressum

Auftraggeber

Kanton Aargau
Sektion Jagd und Fischerei
Entfelderstrasse 22
5000 Aarau

Auftragnehmer

ECQUA
Thomas Kreienbühl
Seefeldstrasse 12
3600 Thun

Titelbild

Bachforelle (*Salmo trutta*) - © Michel Roggo - www.roggo.ch

Autoren

Thomas Kreienbühl, ECQUA - thomas.kreienbuehl@ecqua.ch - www.ecqua.ch
Pascal Vonlanthen, Aquabios GmbH - p.vonlanthen@aquabios.ch - www.aquabios.ch

Zitiervorschlag

Kreienbühl T. & Vonlanthen P. (2019). Besatzmassnahmen mit Forellen - Markierungsversuche 2013 bis 2019 im Kanton Aargau. ECQUA. Auftraggeber: Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei, Aarau. 29 S.

Danksagungen

Ein grosses Dankeschön geht an die kantonalen Fischereiaufseher, die bei diversen Abfischungen für dieses Projekt Daten gesammelt haben. Darüber hinaus geht ein grosser Dank an alle Fischer und Pächter, die sich mit Ihrem Einsatz an der Studie beteiligt haben. Ein spezieller Dank geht auch an Dr. Heike Schmidt-Posthaus, Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin der Universität Bern, für die zur Verfügungstellung der quantitativen Abfischungsdaten von der Wyna. Ausserdem danken wir der WFN und dem Progetto Fiumi für die Daten, die in dieser Studie verwendet werden konnten. Zu guter Letzt möchten wir auch dem Auftraggeber für den Auftrag danken.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	5
2.1	Ausgangslage.....	5
2.2	Besatzpraxis im Kanton Aargau	6
2.3	Projektübersicht und Fragestellungen	7
3	METHODEN	9
3.1	Untersuchte Gewässer.....	9
3.2	Markierungsversuche Forellen.....	9
3.2.1	Markierungen	9
3.2.2	Beschaffung der Proben	11
3.3	Markierungsmethoden	11
3.3.1	Fettflossenschnitt	11
3.3.2	Genetik.....	12
3.4	Kreuzungsschema	14
4	RESULTATE	15
4.1	Wyna.....	15
4.2	Surb	17
4.3	Jonen	17
4.4	Suhre.....	18
4.5	Reuss.....	19
4.6	Staffeleggbach	19
4.7	Stöckenbach	20
4.8	Kreuzungsschema	21
5	DISKUSSION & EMPFEHLUNGEN	22
5.1	Erfolgskontrollen von Kompensationsbesätzen	22
5.2	Initialbesatz nach Fischsterben	24
6	GLOSSAR	26
7	REFERENZEN	29

1 Zusammenfassung

Im Kanton Aargau wurden zwischen 2013 und 2019 verschiedene Besatzmassnahmen von Forellen (*Salmo trutta*) mit Markierungsversuchen untersucht. Die verschiedenen Massnahmen hatten zwei unterschiedliche Besatzziele. Einerseits ging es darum, den Fischbestand zu erhöhen, um rückläufige Fangzahlen aufzufangen (Kompensationsbesatz). Andererseits wurden auch Wiederansiedlungsmassnahmen von Forellen nach Gewässerverschmutzungen mit Fischsterben begleitet (Initialbesatz).

Die eingesetzten Forellen wurden entweder mit einem Fettflossenschnitt markiert oder genetisch mittels einer Vaterschaftsanalyse identifiziert.

Beim Kompensationsbesatz zeigte sich, dass in den untersuchten sieben Abschnitten an fünf Gewässern der Anteil der Besatzfische am Fischbestand im Besatzjahr (0+ Fische) am höchsten war. Er lag zwischen 0 und 80%. Danach stieg der Anteil der Wildfische am Fischbestand kontinuierlich an. Bei 1+ Forellen konnte bereits ein Wildfischanteil zwischen 50 und 100% festgestellt werden. Im Alter 2+ lag der Anteil der Wildfische am Fischbestand zwischen 81 und 100%. Bei den 3+ Forellen lag der Anteil schliesslich zwischen 86 und 100%. Folglich nahm an den Untersuchungsgewässern der Anteil der Besatzfische am Fischbestand über die Zeit kontinuierlich ab. Bei den adulten Fischen können nur wenige Besatzfische beobachtet werden. Dieses Resultat ist vergleichbar mit Ergebnissen aus anderen nationalen und internationalen Studien. In der Regel nimmt der Anteil der Besatzfische über die Zeit stark ab.

Der Anstieg des Anteils der Wildfische am Forellenbestand zeigt, dass sie gegenüber den Besatzforellen einen selektiven Vorteil aus der innerartlichen Konkurrenzsituation ziehen. Diese Resultate weisen darauf hin, dass der additive Effekt, den man sich durch den Einsatz der Besatzfische erhofft, in den untersuchten Gewässern kaum oder gar nicht eintritt. Der Besatz führt demnach in den untersuchten Gewässern nicht zu der erhofften Ertragssteigerung.

Deshalb wird aus wissenschaftlicher Sicht die Einstellung des Forellenbesatzes (Kompensationsbesatz) im Kanton Aargau gestützt. Der versuchsweise eingeführte Besatzstopp soll, wie bereits vom Kanton in Auftrag gegeben, mit einer Erfolgskontrolle begleitet werden (Analyse Fischfangstatistik, Bestandserhebungen).

Die Untersuchungen der Initialbesätze nach Fischsterben zeigen, wie wichtig eine gute Vernetzung der Bäche und ihrer Zuläufe für die Wiederbesiedlung nach Fischsterben ist. Im Staffeleggbach (Totalausfall nach Gewässerverschmutzung) konnten etwas überraschend bei den Bestandserhebungen sowie in den Anglerfängen keine Besatzfische nachgewiesen werden. Dennoch scheint sich der Bestand an Forellen nach der Gewässerverschmutzung zu erholen. Auch Groppen (*Cottus gobio*) wurden nachgewiesen. Diese Fische stammten folglich aus natürlichen Migrationsbewegungen aus den Seitengewässern sowie dem Oberlauf.

Im Stöckenbach zeigte sich, dass ein einziges kleines Seitengewässer für die natürliche Wiederbesiedlung von grosser Bedeutung sein kann. Oberhalb eines 5 m-Absturzes konnten nach einem Fischsterben keine Forellen und Groppen mehr nachgewiesen werden. Nur in einem kleinen Seitengewässer fanden sich noch Fische. Ein Jahr nach einem Initialbesatz mit Forellen lag der Anteil der Besatzfische am Fischbestand bei 50%, im darauffolgenden Jahr noch bei 10.5%. Auch Groppen wurden nachgewiesen, obwohl diese nicht eingesetzt wurde.

Es sollte demzufolge nach jedem Fischsterben abgewogen werden, ob ein Initialbesatz notwendig ist. Eine gute Vernetzung des betroffenen Gewässers ist für eine erfolgreiche natürliche Wiederbesiedlung unverzichtbar. Ausserdem muss unbedingt darauf geachtet werden, dass der gesamte Artenpool (Fische, Krebse und Muscheln) in einem Gewässer nach einer Gewässerverschmutzung vorhanden ist. Ist letzteres nicht der Fall, dann sind Initialbesätze mit Tieren aus nahegelegenen, natürlichen Populationen angezeigt.

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Im Rahmen der Bewirtschaftung seiner Fischpopulationen versucht der Kanton Aargau eine lokale und nachhaltige Strategie zu verfolgen. Seit 2011 verfügt der Kanton Aargau über ein Bewirtschaftungskonzept. Auf der Grundlage einer Genetikstudie wurden danach Bewirtschaftungseinheiten (BWE) für Forellen definiert und ausgeschieden^[1].

In den vergangenen Jahren wurden zudem verschiedene Markierungsexperimente durchgeführt, um das

Überlebender der eingesetzten Forellen zu überprüfen. Im Rahmen dieses Berichts werden die Ergebnisse aus diesen Versuchen zusammengestellt und analysiert. Im Zentrum der Fragestellung standen insbesondere der Kompensationsbesatz, der im Kanton verbreitet angewendet wurde, und der gezielte Initialbesatz, der insbesondere nach Gewässerverschmutzungen mit Fischsterben zum Zuge kommt.

Darauf aufbauend sollen Empfehlungen für die zukünftige Bewirtschaftung erarbeitet werden.

Gesetzliche Grundlagen zur Besatzwirtschaft

Zusammenfassend kann von folgendem gesetzlichen Auftrag für die Fischereibewirtschaftung in Bezug auf den Fischbesatz ausgegangen werden:

- Erhalt, Schutz und nachhaltige Nutzung der einheimischen Fischarten, Rassen und Varietäten (Art. 1, BGF).
- Der Transfer von Fischen zwischen den GEZG ist verboten und kann in Ausnahmefällen durch den Bund bewilligt werden (Art. 6, BGF).
- Der Einsatz von Besatzfischen aus dem gleichen GEZG liegt in der Hoheit der Kantone (Art. 3, Abs. 2, BGF).
- Der Besatz durch die Kantone von standortfremden Fischen, d.h. mit nicht ausreichend genetisch verwandten Tieren, ist grundsätzlich untersagt (Art. 6, Abs. 2 Bst. C, VBGF).
- Kantone sollen BWE definieren, um die genetische Vielfalt und die Erhaltung lokal angepasster Fischarten zu gewährleisten (Art. 8, Abs. 3, VBGF).

Laut Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) soll der Erhalt, der Schutz und die nachhaltige Nutzung der einheimischen Fischarten, Rassen und Varietäten sichergestellt werden (Art. 1, BGF). Fische dürfen nicht ohne Bewilligung des Bundes zwischen den grossen Einzugsgebieten (GEZG), Rhein, Rhone, Doubs, Ticino und Inn, transferiert werden (Art. 6, BGF). Von einer Bewilligung des Bundes befreit ist der Fischbesatz mit Fischen aus dem gleichen GEZG (Art. 8, Abs. 2, Bst. A, VBGF¹). Grundsätzlich liegt

der Fischbesatz in der Verantwortung der Kantone (Art. 3, Abs. 2, BGF). Es liegt auch in ihrer Kompetenz, lokal relevante Bewirtschaftungseinheiten (BWE) zu bestimmen (Art. 8 Abs. 3 VBGF). Dabei gelten Populationen mit genetischen Differenzierungen als standortfremd (Art. 6, Abs. 2, Bst. C, VBGF)

Standortgerechter Fischbesatz bedeutet, dass die Besatzfische genetisch mit der Population ihres Einsatzgewässers übereinstimmen^[2]. Die Kantone sind angehalten, in ihrem Hoheitsgebiet die BWE so zu

¹VBGF: Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei

gestalten, dass die genetische Vielfalt und die Erhaltung lokal angepasster Fischarten gewährleistet ist^[2],

^{3]}. Der Kanton Aargau hat BWE für Äsche, Forelle und Hecht definiert^[1, 4, 5]

2.2 Besatzpraxis im Kanton Aargau

Im Wesentlichen werden heute im Kanton Aargau folgende Besatzziele verfolgt:

- Die Erhaltung des Fischbestandes durch *Kompensationsbesatz* aufgrund angenommener gewässer-ökologischer Defizite und die damit einhergehende negative Beeinträchtigung der Naturverlaichung.
- Die Wiederansiedlung einer Fischart durch *Initialbesatz* nach einer akuten Gewässerverschmutzung mit Fischsterben.

Bisherige Untersuchungen zur Besatzwirtschaft im Kanton Aargau

Mit einer populationsgenetischen Studie hat der Kanton Aargau flächendeckend die Verwandtschaft der atlantischen Forellen (*Salmo trutta*) untersucht und Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung ausarbeiten lassen^[1]. Im Rahmen der Studie wurden Bewirtschaftungseinheiten definiert (Abbildung 2-3). Es wurde ausserdem festgestellt, dass sich die bisher verwendeten Besatzfische aus den Fischzuchten Nadler und Hohler aus genetischer Sicht für den Einsatz in die meisten Gewässer nicht eigneten. Neben dem direkten Besatz mit Fischen aus der Fischzucht wurden im Kanton Aargau auch Aufzuchtgewässer (AZG) genutzt. In diese werden im Frühjahr

Forellenbrütlinge ausgesetzt, mit dem Ziel, sie unter natürlichen Bedingungen aufzuziehen. Im Herbst desselben Jahres werden die Sömmerlinge abgefischt und in ihr Zielgewässer transferiert. Die Forellengenetikstudie zeigte in Bezug auf die AZG, dass in sieben von insgesamt neun untersuchten Gewässern die abgefischten Sömmerlinge genetisch nicht mit den im Frühjahr eingesetzten Brütlingen übereinstimmen^[1]. Das liess vermuten, dass in diesen Gewässern die Besatzfische grösstenteils durch die Fische aus der lokalen Naturverlaichung verdrängt werden.

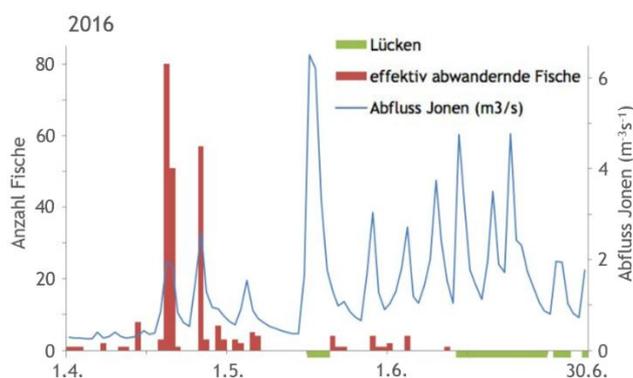


Abbildung 1-1: Vergleich Abwanderung (rot) mit dem Abfluss (blau). Zeiten, in denen der Korb nicht im Wasser war, sind grün markiert^[6].

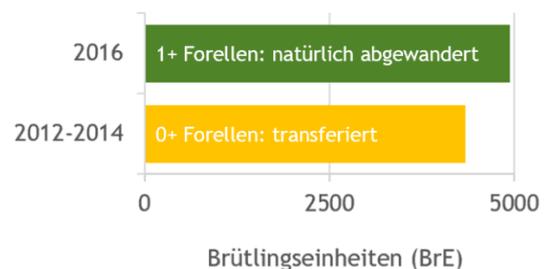


Abbildung 1-2: Vergleich zwischen der mittels elektrischer Abfischung transferierten Forellen (Sömmerlinge) und der natürlich abgewanderten Fische (1+ Forellen).

Eine weitere Studie im Auftrag des Kantons Aargau kam darüber hinaus zum Schluss, dass aus einem

kleinen, intakten Seitengewässer der Jonen Jungforellen aus Brütlingsbesatz mehrheitlich im Frühjahr als 1+ Fische natürlich abwandern (Abbildung 1-1)^[6].

Dieser Zusammenhang wurde auch schon im Kanton Basel-Landschaft beobachtet^[7]. In der Studie aus dem Kanton Aargau wanderten insgesamt mehr Forellen natürlich ab, als normalerweise bei der Bewirtschaftung als AZG im Herbst davor transferiert wurden. Durchschnittlich wurden in den Jahren 2012 bis 2014 jeweils 4'333 Brütlingseinheiten (BrE) mittels elektrischer Abfischungen transferiert. Im Jahr

der Untersuchung (2016) konnten insgesamt jedoch mindestens 4'940 BrE bei der natürlichen Abwanderung beobachtet werden (Abbildung 1-2). Es ist davon auszugehen, dass noch mehr Jungforellen natürlich abwanderten, da die Aufnahmen nicht kontinuierlich stattfanden.

Aus all den genannten Gründen sind sämtliche AZG im Kanton Aargau aufgegeben/eingestellt worden.

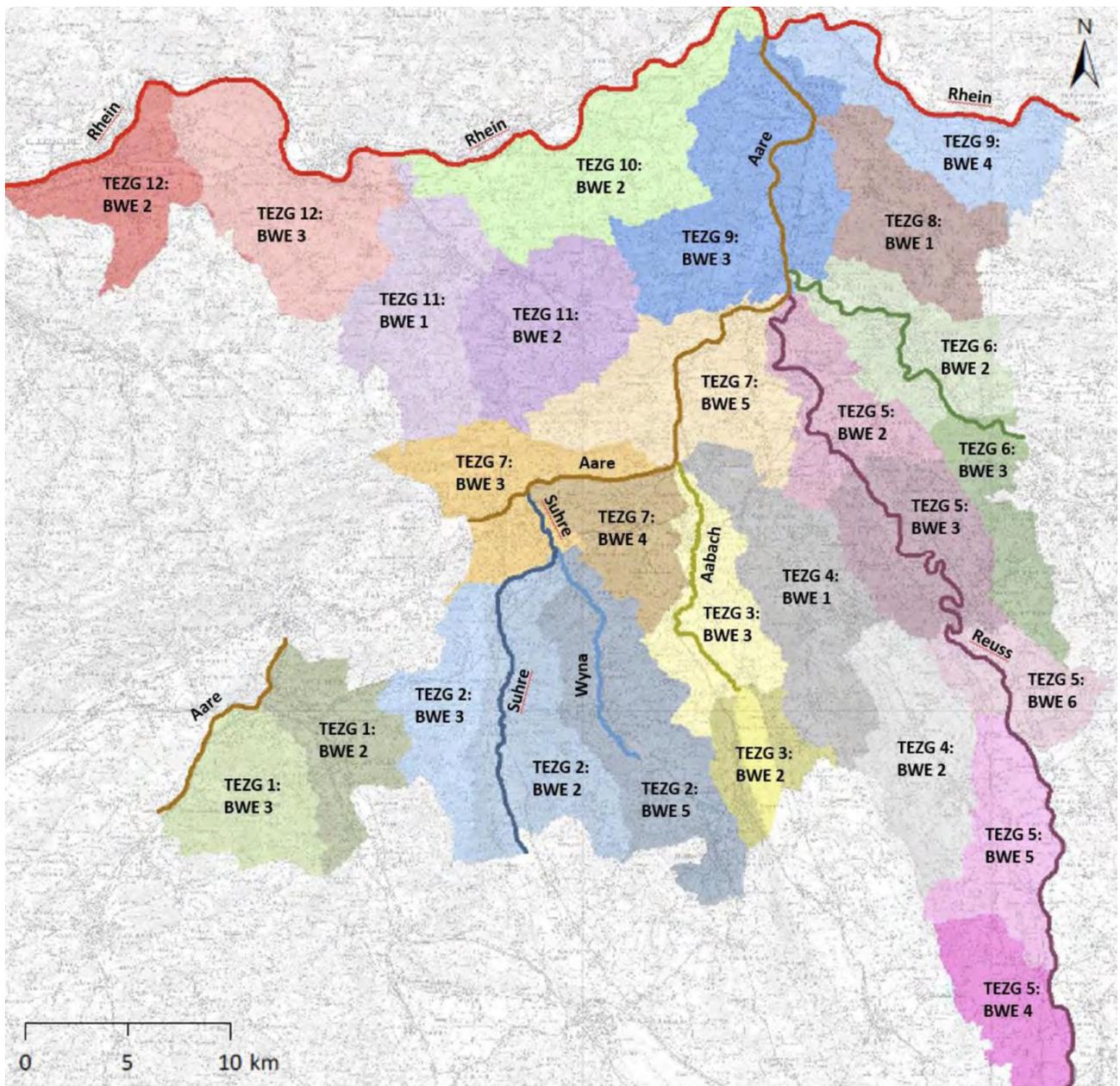
2.3 Projektübersicht und Fragestellungen

Folgende Fragestellungen in Bezug auf den Besatz sollen mit diesem Bericht bearbeitet werden:

- Sind die Besatzmassnahmen mit Forellen aus der Fischzucht Nadler erfolgreich?
(*Kompensationsbesatz; n=5*)
- Haben die Wiederansiedlungen von Forellen mit Fischen der Fischzucht Nadler nach Gewässerverschmutzungen mit grossem Fischsterben die vom Kanton gewünschte Wirkung?
(*Initialbesatz; n=2*)

Zusätzlich zu den Erfolgskontrollen wird in diesem Bericht eine weitere Frage beantwortet, die aufgrund der bei den genetischen Erfolgskontrollen erhobenen Daten beantwortet werden kann:

- Ist das heutige Vorgehen beim Abstreifen der Elterntiere (Kreuzungsschema) in der Zucht für die Erhaltung der genetischen Vielfalt ausreichend?



- | | | |
|--|---|-----------------------------------|
| — TEZG 1: BWE 1 - Aare | — TEZG 5: BWE 1 - Reuss | — TEZG 8: BWE 1 - Surb |
| — TEZG 1: BWE 2 - Wigger | — TEZG 5: BWE 2 - Hölibach/Schwarzengraben | — TEZG 9: BWE 1 - Aare |
| — TEZG 1: BWE 3 - Pfaffnern | — TEZG 5: BWE 3 - Künter Dorfbach | — TEZG 9: BWE 2 - Rhein |
| — TEZG 2: BWE 1 - Suhre | — TEZG 5: BWE 4 - Dorfbach Auw/Sinserbach | — TEZG 9: BWE 3 - Zuläufe Aare |
| — TEZG 2: BWE 2 - Zuflüsse Suhre | — TEZG 5: BWE 5 - Landbach/Sembach | — TEZG 9: BWE 4 - Zuläufe Rhein |
| — TEZG 2: BWE 3 - Uerke und Zuflüsse | — TEZG 5: BWE 6 - Widenbach/Jonen | — TEZG 10: BWE 1 - Rhein |
| — TEZG 2: BWE 4 - Wyna (unterer Teil) | — TEZG 6: BWE 1 - Limmat | — TEZG 10: BWE 2 - Zuflüsse Rhein |
| — TEZG 2: BWE 5 - Wyna (oben) und Zuflüsse | — TEZG 6: BWE 2 - Zuläufe oberhalb Furtbach | — TEZG 11: BWE 1 - Sissle unten |
| — TEZG 3: BWE 1 - Aabach | — TEZG 6: BWE 3 - Zuläufe unterhalb Furtbach | — TEZG 11: BWE 2 - Sissle oben |
| — TEZG 3: BWE 2 - Hallwilersee | — TEZG 7: BWE 1 - Aare | — TEZG 12: BWE 1 - Rhein |
| — TEZG 3: BWE 3 - Zuflüsse Aabach | — TEZG 7: BWE 2 - Suhre | — TEZG 12: BWE 2 - Magdenerbach |
| — TEZG 3: BWE 4 - Meisterschwandenbach | — TEZG 7: BWE 3 - Aare Zuflüsse Aarau | — TEZG 12: BWE 3 - Möhlinbach |
| — TEZG 4: BWE 1 - Bünz unten | — TEZG 7: BWE 4 - Steinerkanal/Giessen | |
| — TEZG 4: BWE 2 - Bünz oben | — TEZG 7: BWE 5 - Aare Zuflüsse Wasserschloss | |

Abbildung 2-3: Übersicht zu den Bewirtschaftungseinheiten der Forelle des Kantons Aargau^[1].

3 Methoden

3.1 Untersuchte Gewässer

Die Resultate von Erfolgskontrollen aus sechs Besatzmassnahmen in verschiedenen Gewässern zwischen 2013 und 2019 wurden im Rahmen dieses Projekt ausgewertet (Tabelle 3-1). Dazu zählen Wyna, Surb, Jonen, Suhre und Reuss (Kompensationsbesatz) sowie der Staffeleggbach und der Stöckenbach (Initialbesatz nach Fischsterben). Die Fische, zumeist

Brütlinge, aber auch Sömmerlinge und Jährlinge, wurden jeweils vor dem Aussetzen in ihr Zielgewässer markiert (Fettflossenschnitt oder Gewebeprobe für Vaterschaftsanalyse). Sie stammten alle aus der Fischzucht Nadler. In den Folgejahren wurden die besetzten Gewässer untersucht, um den Anteil der Besatzfische am Forellenbestand zu ermitteln.

Tabelle 3-1: Übersicht zu den verschiedenen untersuchten Gewässern und deren Besatzmassnahmen mit Forellen, ihrem Besatzziel und den Kapiteln, in denen sie behandelt werden.

Gewässer	Besatzziel	Kapitel
Wyna	Kompensationsbesatz	4.1
Surb	Kompensationsbesatz	4.2
Jonen	Kompensationsbesatz	4.3
Suhre	Kompensationsbesatz	4.4
Reuss	Kompensationsbesatz	4.5
Staffeleggbach	Initialbesatz nach Fischsterben (Bach vernetzt)	4.6
Stöckenbach	Initialbesatz nach Fischsterben (Bach unterhalb nicht vernetzt)	4.7

3.2 Markierungsversuche Forellen

Markierungen

Die Besatzstadien der Fische umfasste mit Brütling, Sömmerling und Jährling drei verschiedene Altersklassen. Die eingesetzten Besatzfische stammten alle aus der Fischzucht Nadler, welche einen Muttertierstamm mit Forellen aus verschiedenen lokalen Gewässern (vor allem aus der Surb) hielt und diesen regelmässig mit wilden Muttertieren aus Laichfischfängen auffrischte.

Bei der Markierung resp. zur Erkennung der Besatzfische kamen zwei Methoden zum Einsatz (Tabelle 3-2). Einerseits wurden Besatzfische genetisch mittels Vaterschaftsanalysen den gestreiften Elterntieren zugeordnet. Andererseits wurden die Besatzfische mittels Fettflossenschnitt markiert.

Bei den Untersuchungen an der Wyna und der Surb wurde den Fischen neben Gewebeproben für die genetischen Analysen auch einige Fischschuppen entnommen. Mit den Schuppen wurde das Alter der Fische bestimmt. Falls die Fische das richtige Alter (Besatzjahrgang) hatten, wurde ihre Gewebeprobe genetisch untersucht. Die Altersbestimmungen wurden durch die Sektion Jagd und Fischerei (SJF) durchgeführt.

An der Wyna und Jonen wurden einzelne Jahrgänge mittels genetischer Markierung und mit einem Fettflossenschnitt markiert. Wobei bei jedem Besatzfisch nur eine Markierung überprüft wurde. Es wurde

also ein Fisch, der bei einer Abfischung an der Fettflosse markiert war, keine Gewebeprobe genommen.

Die Besatzforellen der Jonen wurden in einem Aufzuchtgewässer (Schalchmatthaubächli) aufgezogen. Ein Teil dieser Fische wanderte natürlich aus dem AZG in die Jonen ab. Das wurde durch ein separates

Projekt dokumentiert und untersucht^[6]. Nach Abschluss dieses Projektes wurde das AZG abgefischt und die Sömmerlinge wie üblich ins Zielgewässer (Hauptlauf der Jonen) transferiert. Alle gefangenen Forellen wurden mit einem Fettflossenschnitt versehen.

Initialbesatz nach Fischsterben

Im Jahr 2013 wurde, nach einem Unfall mit einem Flockungsmittel bei einer Baustelle, der Bestand der Forellen im Staffeleggbach stark dezimiert (Totalausfall). Im selben Jahr fand ein Initialbesatz mit 700 Jährlingen sowie 1000 Sömmerlingen statt (Forellen). Sämtliche Besatzfische wurden mit einem Fettflossenschnitt markiert.

Im Jahr 2016 gab es im Stöckenbach eine Güllenverschmutzung, die auch zu einem Totalausfall der Fo-

rellen und Groppen führte (Abbildung 3-1). Bei Kontrollabfischungen nach dem Unfall konnten im Hauptlauf oberhalb eines 5 m-Absturzes keine Forellen und Groppen nachgewiesen werden. Einzig in einem kleinen Nebenlauf, dem Gitzitobelbach, konnten noch Forellen und Groppen nachgewiesen werden. Der Zufluss war nicht von der Verschmutzung betroffen. Noch im Jahr 2016 wurden 1'500 mit Fettflossenschnitt markierte Sömmerlinge in den Stöckenbach eingesetzt.

Tabelle 3-2: Übersicht zu den Besatzmassnahmen an den verschiedenen Gewässern und ihren Erfolgskontrollen.

Gewässer	Methode	Anzahl	Besatzjahr	Erfolgskontrollen
Wyna	genetische Markierung	3'000 Vorsömmerlinge	2015	2015 bis 2018
	Fettflossenschnitt	1'800 Sömmerlinge	2015	2016 bis 2018
Surb	genetische Markierung	8'200 Brütlinge 2'000 Sömmerlinge	2015	2016 bis 2018
Jonen	genetische Markierung	7'000 Brütlinge, eingesetzt in AZG ²	2015	2016 und 2018
	Fettflossenschnitt	405 0+, 302 >0+ AZG ¹	2016	2017
Suhre	Fettflossenschnitt	600 Jährlinge (aus AZG)	2013	2014, 2015 und 2016
Reuss	Fettflossenschnitt	12'000 Sömmerlinge	2016	2017 bis 2019
Stöckenbach	Fettflossenschnitt	1'500 Sömmerlinge	2016	2017 und 2018
Staffeleggbach	Fettflossenschnitt	700 Jährlinge 1'000 Sömmerlinge	2013	2014, 2015 und 2016

¹Abfischung Schalchmatthaubächli (ursprünglich wurden hier 7'000 Brütlinge eingesetzt) und Transfer in Jonen;

²Die genetisch markierten Fische wanderten natürlich ab.

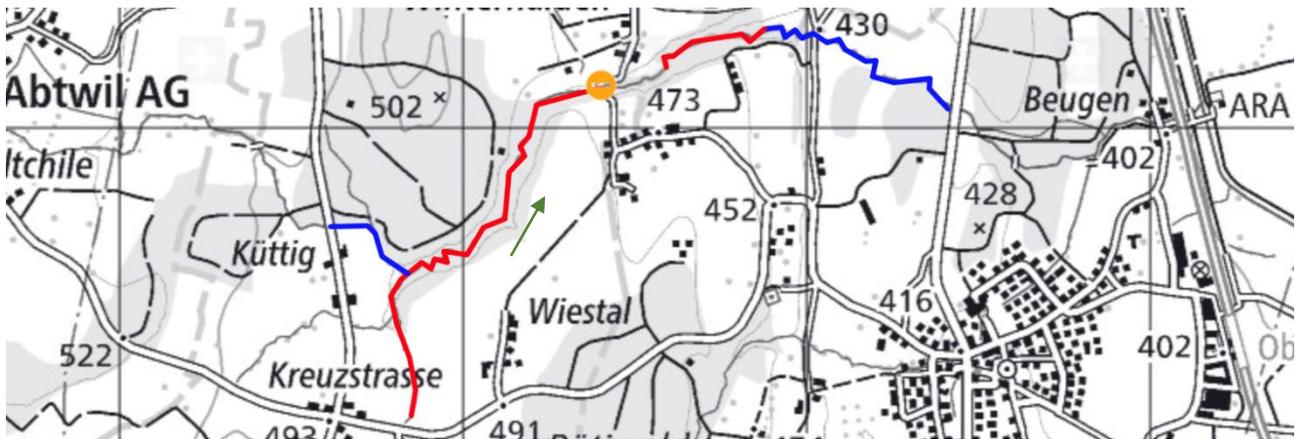


Abbildung 3-1: Karte des Stöckenbachs bei Oberrüti (AG). Hier wurde im Jahr 2016 durch eine Gülleverschmutzung auf allen roten Strecken der Fischbestand vollständig ausgelöscht. In den blauen Strecken konnten Fische nachgewiesen werden. Oberhalb des natürlichen Absturzes (orange, ca. 5 m hoch) kamen nach dem Unglück einzig in einem Nebenlauf noch Forellen und Gropen vor (Gitzitobelbach, blau). Die Fließrichtung ist in grün angegeben.

Beschaffung der Proben

Die Forellen wurden bei elektrischen Befischungen gefangen und beprobt. An der Wyna handelte es sich um quantitative Abfischungen die vom FIWI durchgeführt wurden. Bei den Befischungen an den anderen Gewässern wurden die Forellen aus den Besatzjahren gezielt vom Kanton Aargau befishet.

Zudem hatten sich die Angelfischer am Staffeleggbach nach der Gewässerverschmutzung bereit erklärt, Anglerfänge mit markierten Forellen bei der

SJF zu melden. Auch die Fischer der untenliegenden Sisslerevieren wurden gebeten, allfällige Fänge an die SJF weiterzuleiten.

Für die Untersuchungen an der Suhre wurden ebenfalls Rückmeldungen von Anglern aus dem besetzten Revier berücksichtigt (Fettflossenschnitt). Es wurden auch Angler und Pächter von weiter oben liegenden Revieren über die Besatzaktion informiert.

3.3 Markierungsmethoden

3.3.1 Fettflossenschnitt

Bei der Markierung mittels Fettflossenschnitt, wurde den Fischen mit einer Schere oder einem Messer die Fettflosse teilweise abgeschnitten. Ein Besatzfisch kann damit sein Leben lang erkannt werden, da die

Fettflosse nicht vollständig nachwächst (Abbildung 3-2). Daher kann diese Art der Markierung als sicher angesehen werden.



Abbildung 3-2: Die Bilder links zeigen intakte Fettflossen einer Bachforelle (oben) und einer Seeforelle (unten). Die Bilder rechts zeigen zwei Beispiele von mit Fettflossenschnitt markierten Bachforellen einige Jahre nach der Markierung.

3.3.2 Genetik

Vorgehen Markierung

Um die Besatzfische von den Wildfischen zu unterscheiden, wurden bei einigen Erfolgskontrollen die eingesetzten Fische genetisch markiert. Dazu wurde zuerst anhand von Gewebeproben der genetische Fingerabdruck sämtlicher gestreifter Elterntiere bestimmt. Die Nachkommen dieser Elterntiere wurden dann als Besatzfische verwendet (Abbildung 3-3). Bei den Erfolgskontrollen in den Jahren nach dem

Besatz wurden den potentiellen Besatzfischen aus dem Gewässer ebenfalls Gewebeproben entnommen. Mit diesen Proben konnte der genetische Fingerabdruck der Fische bestimmt werden. Die direkten Nachkommen der Elterntiere können danach mit Vaterschaftstests den jeweiligen Elterntieren zugewiesen werden ^[8, 9]. Der genetische Fingerabdruck wurde mit Mikrosatellitenmarkern bestimmt.

Laborarbeiten und Auswertung der genetischen Daten

Die Desoxyribonukleinsäure oder kurz DNS (Erbgut) wurde aus kleinen Flossenstückproben (meist Stücken der Fettflosse) mit einer Chelex-Präzipitationsmethode extrahiert. Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) der DNS wurde in einem Reaktionsvolumen von

4.25 µl mit den folgenden Inhaltsstoffen durchgeführt: 2.5 µl QIAGEN Multiplex PCR Master mix, 1.75 µl ddH₂O, 0.75 µl DNS und 0.115 µl Primer mix. Verwendet wurde die Primer: SL438, Ssa100, Ssa197, Ssa85, SsoSL417, Str15, Str2, Str543, Str591, Str60,

Str73, Strutta12. Das PCR-Profil beginnt mit der Denaturierung der DNS bei 94 °C für 15 Minuten, gefolgt von 35 Zyklen von 30 Sekunden bei 94 °C, 90 Sekunden bei 54 °C, 90 Sekunden bei 72 °C und endet mit einem Zyklus von 30 Minuten bei 60 °C. Die DNS-Fragmente jedes PCR-Produktes wurden mit einem DNS-Sequenziergerät (ABI PRISM® 3100 Genetic Analyzer) aufgetrennt. Dazu wurde 0.9 µl 1:5 verdünnte PCR-

Reaktion mit 8.975 µl Hi-Di™ Formamide und 0.025 µl einem Längenstandard (GeneScan™ 600 LIZ® dye Size Standard v2.0) verwendet. Die Identifikation der Mikrosatellitenallele wurde mit der Fragmentanalyse Software «GeneMarker» durchgeführt und manuell geprüft. Die Vaterschaftsanalyse wurde mit «Pasos v1.0» durchgeführt.



Abbildung 3-3: Mittels genetischer Markierungen können hohe Zahlen an Nachkommen (Eier resp. Brütlings) einfach und mit wenig Aufwand markiert werden. Dazu braucht es lediglich eine Gewebeprobe der Elterntiere. © Bilder: Michel Roggo.

Qualität der genetischen Markierungen

Insgesamt funktionierte die genetische Markierung sehr gut. Markierte Fische wurden in 99% der Fälle erkannt und nicht markierte Fische in 95% der Fälle. Entsprechend wird der Anteil an Besatzfischen eines untersuchten Jahrgangs grundsätzlich leicht überschätzt. Die Fehlerquote liegt in einem Bereich von 1 bis 5%, was für die Interpretation der Ergebnisse unproblematisch ist. Die Fehlerquote könnte mit einer höheren Anzahl verwendeter genetischer Marker reduziert werden.

In der Fischzucht Nadler wurde im Winter 2014/15 die verwendeten Elterntiere beprobt und genetisch untersucht. Von deren Nachkommen wurden anschliessend 109 Brütlings beprobt und ebenfalls genetisch untersucht (Abbildung 3-4). Die untersuchten Brütlings dienten als Kontrolle und sollen aufzeigen, wie gut die genetische Erkennung der Besatzfische funktioniert. 108 von 109 Forellen wurden mit der Vaterschaftsanalyse korrekt als Besatzfische identifiziert (99.1%). Nur bei einem Individuum konnte aufgrund seines speziellen genetischen Fingerabdrucks keiner der beiden Elternteile eruiert werden, was auf die Methode zurückzuschliessend

ist, dass 'nur' 12 genetische Marker analysiert wurden (im Vergleich dazu werden beim Menschen fast 200 Marker verwendet).

Als Negativkontrolle wurden die bereits beprobten Forellen aus Gewässern herangezogen, die seit vielen Jahren nicht mehr besetzt werden. Entsprechend sollten unter diesen Proben keine positiven Befunde bei der Zuordnung dieser Fische zu den Elterntieren aus der Fischzucht beobachtet werden. Diese Proben stammten aus der Forellengenetikstudie^[1]. Die Analyse zeigt, dass für 85 von 90 untersuchten Forellen ein negativer Befund vorliegt

(94.4%, Abbildung 3-4). Bei fünf untersuchten Proben ergaben die Analysen jedoch einen falsch-positiven Befund. Die Fehlerquote, das heisst Fische, welche fälschlicherweise als Besatzfische identifiziert werden, liegt folglich bei ca. 5%.

Als Gründe für diese Fehler kommen ebenfalls vor allem die eher knappe Anzahl untersuchter Loci (genetischer Marker) und die geringe Anzahl Allele pro Locus in Frage.

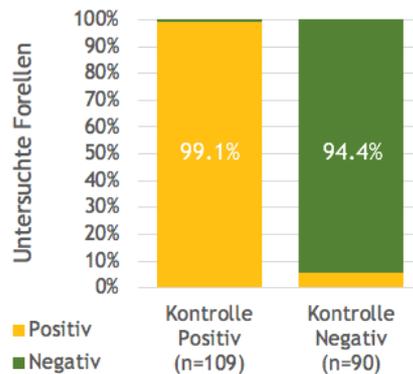


Abbildung 3-4: Anteile der als markiert (positiv) und nicht markiert (negativ) eingestuften Individuen.

3.4 Kreuzungsschema

Die Fischzucht Nadler, die seit Jahren im Auftrag des Kantons Aargau Besatzmaterial lieferte, nutzte dazu einen Muttertierstamm. Das heisst, dass die Eltern-tiere der Besatzfische in der Zucht gehalten wurden. Ursprünglich stammte dieser Muttertierstamm aus lokalen Gewässern aus dem Kanton Aargau (vor allem Surb). Eine der Aufgaben der Fischzucht ist es dafür zu sorgen, dass durch die Befruchtung der Eier mit Spermien keine genetische Verarmung (Inzucht) geschaffen wird. Dabei sollten möglichst viele Weibchen mit möglichst vielen Männchen gekreuzt werden. Um die Arbeit in den Zuchten zu erleichtern, wird zu diesem Zweck der Roggen der Weibchen in der Regel mit Spermien von mehreren Männchen befruchtet, die nacheinander dem Roggen zugegeben werden. Dies bevor die Zugabe von Wasser die Befruchtung ermöglichen soll. Es stellt sich die Frage,

ob diese Praxis sinnvoll ist und die Männchen wirklich in etwa gleichmässig zur Befruchtung der Eier beitragen oder ob die ersten Männchen, deren Milch den Eiern zugegeben wird, systematisch einen höheren Befruchtungserfolg aufweisen.

Um das Kreuzungsschema der Fischzucht Nadler besser zu verstehen, wurden genetische Analysen der Brütlinge durchgeführt (Vaterschaftstests). Dazu wurden beim Streifen drei unterscheidbare Gruppen gebildet. Die einzelnen Gruppen wurden mit drei bis vier Männchen der Reihe nach befruchtet. Nach dem Schlupf der Brütlinge wurden die drei Gruppen beprobt (Gewebeproben). Anschliessend wurden die Proben genetisch analysiert und es wurde untersucht, wie hoch der Anteil der Nachkommen von jedem einzelnen Männchen pro Gruppe war.

4 Resultate

4.1 Wyna

Insgesamt und auch an den untersuchten Standorten in Menziken und Oberkulm nahm der Anteil der besetzten Forellen am Fischbestand über die Zeit deutlich ab (Abbildung 4-1; Tabelle 4-1).

Der höchste Anteil an Besatzfischen wurde im Jahrgang 0+ festgestellt (Total: 70.9%). Die untersuchten 0+ Fische wurden zwei Wochen nach dem Besatz gefangen. Der Besatzfischanteil lag in Menziken und Oberkulm zwischen 76 und 80%. In Suhr wurden keine Besatzfische gefunden.

Im zweiten Jahr der Untersuchungen (Jahrgang 1+) lag der Anteil der Besatzfische deutlich tiefer als im

ersten Jahr der Erfolgskontrollen (Total: 28.0%). In Menziken lag der Besatzfischanteil der 1+ Forellen bei 35.6% und in Oberkulm bei 50.0%. In Suhr lag der Besatzfischanteil bei 11.1%. In Oberkulm wurden sehr wenig 1+ Fische untersucht (n=6). Dies erklärt das sehr breit gestreute 95%-Konfidenzintervall (6.2 bis 93.8%). Total wurden 82 1+ Forellen untersucht.

Im dritten Jahr der Untersuchungen (2+ Forellen) sank der Anteil der Besatzfische nochmals: In Menziken auf 28.6%, in Oberkulm auf 14.3% und in Suhr auf 0.0% (Total: 17.9%). Insgesamt wurden immer noch 56 2+ Forellen untersucht.

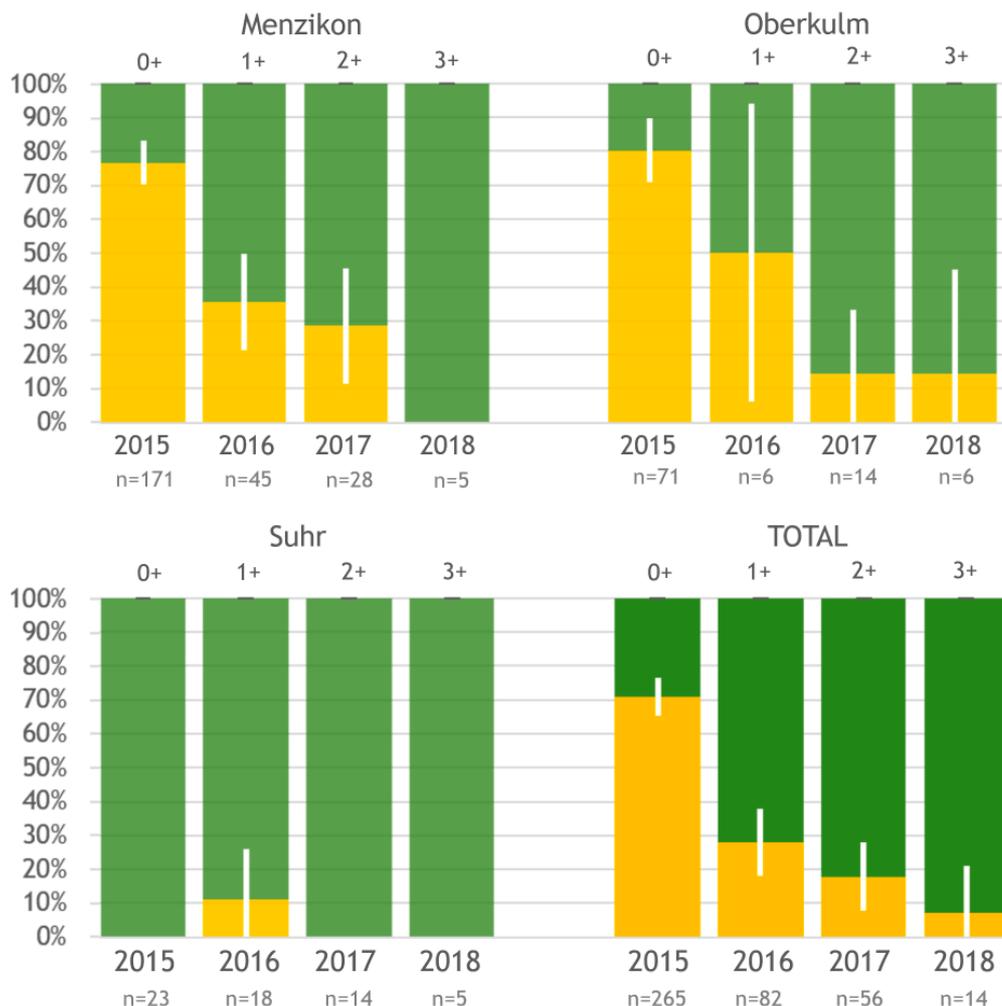


Abbildung 4-1: Die Resultate der Erfolgskontrollen der Besatzmassnahmen mit Forellen an der Wyna. Weiss eingezeichnet ist jeweils das 95%-Konfidenzintervall.

Im vierten Jahr der Untersuchungen (3+ Forellen) konnten nur noch 14 Tiere untersucht werden. Der einzige positive Befund (Besatzfisch) wurde in Oberkulm gefangen. Hier nahm denn auch der Besatzfischanteil nicht weiter ab (14.3%). An den anderen

Standorten wurden keine Besatzfische mehr nachgewiesen. Insgesamt ging der Besatzfischanteil an der Wyna auf 7.1% zurück.

Tabelle 4-1: Übersicht zu den Resultaten der Untersuchungen zwischen 2015 und 2017 an der Wyna.

Untersuchungen 2015	Besatz		Total unter- suchte 0+ Forellen	Total 0+ Forellen				
	Vorsommerlinge	Sommerlinge		aus Besatz	aus Natur- verlaichung	¹ KI _{95%} +/-		
Wyna Menziken	0	800	171	131 (76.6%)	40 (23.4%)	6.4%		
Wyna Oberkulm	1000	1000	71	57 (80.3%)	14 (19.7%)	9.3%		
Wyna Suhr	2000	0	23	0 (0.0%)	23 (100.0%)	0.0%		
<i>Total 2015 - 0+</i>	<i>3000</i>	<i>1800</i>	<i>265</i>	<i>188 (70.9%)</i>	<i>77 (29.1%)</i>	<i>5.5%</i>		
Untersuchungen 2016	Genetik			Fettflosse markiert	Total unter- suchte 1+ Forellen	Total 1+ Forellen		
	Anzahl	positiv	negativ			aus Besatz	aus Natur- verlaichung	¹ KI _{95%} +/-
² Wyna Gontenschwil	13	2	11	0	13	2 (15.4%)	11 (84.6%)	20.4%
Wyna Menziken	33	4	29	12	45	16 (35.6%)	29 (64.4%)	14.1%
Wyna Oberkulm	5	2	3	1	6	3 (50.0%)	3 (50.0%)	43.8%
Wyna Suhr	18	2	16	0	18	2 (11.1%)	16 (88.9%)	14.9%
<i>Total 2016 - 1+</i>	<i>69</i>	<i>10</i>	<i>59</i>	<i>13</i>	<i>82</i>	<i>23 (28.0%)</i>	<i>59 (72.0%)</i>	<i>9.8%</i>
Untersuchungen 2017	Genetik			Fettflosse markiert	Total unter- suchte 2+ Forellen	Total 2+ Forellen		
	Anzahl	positiv	negativ			aus Besatz	aus Natur- verlaichung	¹ KI _{95%} +/-
Wyna Menziken	20	0	20	8	28	8 (28.6%)	20 (71.4%)	17.0%
Wyna Oberkulm	13	1	12	1	14	2 (14.3%)	12 (85.7%)	19.0%
Wyna Suhr	14	0	14	0	14	0 (0.0%)	14 (100.0%)	0.0%
<i>Total 2017 - 2+</i>	<i>47</i>	<i>1</i>	<i>46</i>	<i>9</i>	<i>56</i>	<i>10 (17.9%)</i>	<i>46 (82.1%)</i>	<i>10.1%</i>
Untersuchungen 2018	Genetik			Fettflosse markiert	Total unter- suchte 3+ Forellen	Total 3+ Forellen		
	Anzahl	positiv	negativ			aus Besatz	aus Natur- verlaichung	¹ KI _{95%} +/-
Wyna Menziken	5	0	5	0	5	0 (0.0%)	5 (100.0%)	0.0%
Wyna Oberkulm	6	1	5	0	6	1 (14.3%)	5 (85.7%)	19.0%
Wyna Suhr	3	0	3	0	3	0 (0.0%)	3 (100.0%)	0.0%
<i>Total 2018 - 3+</i>	<i>14</i>	<i>1</i>	<i>13</i>	<i>0</i>	<i>14</i>	<i>1 (7.1%)</i>	<i>13 (92.9%)</i>	<i>14.0%</i>

¹+/- 95%-Konfidenzintervall vom Anteil Besatz (in %).

²Zusätzliche Abfischung bei Erfolgskontrolle einer Revitalisierung.

4.2 Surb

Insgesamt wurden bei den Abfischungen zwischen 2016 und 2018 an der Surb 94 1+ Forellen, 46 2+ Forellen und 12 3+ Forellen eine Gewebeprobe entnommen und anschliessend genetisch analysiert (Tabelle 4-2). Aus Ressourcengründen wurde der 0+ Jahrgang nicht analysiert. 2015 fanden deshalb keine Abfischung statt.

Total lag der Anteil der Besatzfische im Jahrgang 1+ bei 51% (Abbildung 4-2). Im Jahrgang 2+ fällt der Anteil der Besatzfische auf 13%. Im Jahrgang 3+ konnten keine Besatzfische mehr festgestellt werden.

Insgesamt ging der Anteil der Besatzfische am Forellenbestand wie an der Wyna kontinuierlich zurück.

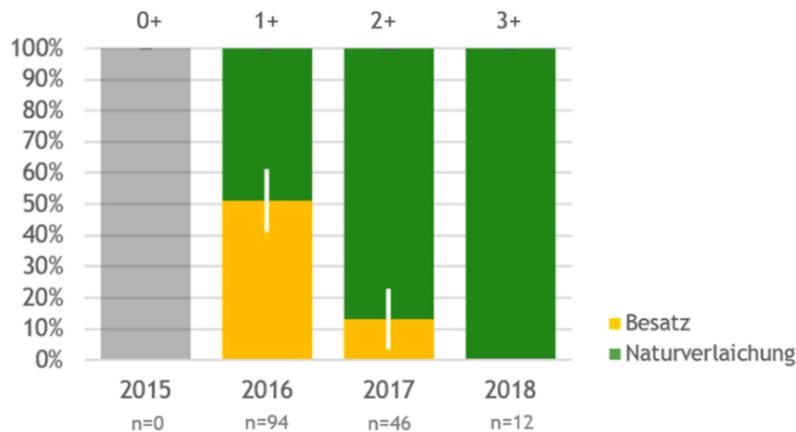


Abbildung 4-2: Die Resultate der Erfolgskontrollen der Besatzmassnahmen mit Forellen an der Surb.

Tabelle 4-2: Übersicht zu den Resultaten der Untersuchungen zwischen 2015 und 2017 an der Surb.

Untersuchungs-jahre Surb	Besatz mit Brütlingen & Sömmerlingen	genetische Untersuchungen					¹ KI _{95%} +/-
		Total	Anzahl		in %		
			Besatz	² NV	Besatz	² NV	
2015 - 0+ Forellen	8'200 BR 2'000 S						
2016 - 1+ Forellen		94	48	46	51.1%	49.9%	10.2%
2017 - 2+ Forellen		46	6	40	13.0%	87.0%	9.8%
2018 - 3+ Forellen		12	0	12	0.0%	100.0%	0.0%

¹+/- 95%-Konfidenzintervall vom Anteil Besatz (in %).

²Naturverlaichung

4.3 Jonen

Bei der Abfischung im Sommer 2016 wurden in der Jonen insgesamt 28 1+ Forellen gefangen. Von diesen konnten insgesamt drei Fische (11%) als Besatz-

fische identifiziert werden (genetische Markierungen). Diese wanderten auf natürliche Weise vom Seitengewässer in die Jonen ab.

Bei den Abfischungen im Jahr 2017 wurden total 89 1+ Forellen gefangen. Lediglich zwei Forellen

stammten aus den Besatzmassnahmen (2%). Diese Forellen wurden traditionell umgesiedelt, das heisst sie wurden im Herbst 2016 als Sömmerlinge des AZG abgefischt und in den Hauptlauf der Jonen umgesiedelt.

Bei den Erfolgskontrollen im Jahr 2018 konnten noch 26 Fische im Jahrgang 2+ und älter gefunden werden. Davon war kein Fisch markiert. Es wurde folglich auch keine 3+ Forelle, die 2016 natürlich abgewandert ist, gefunden.

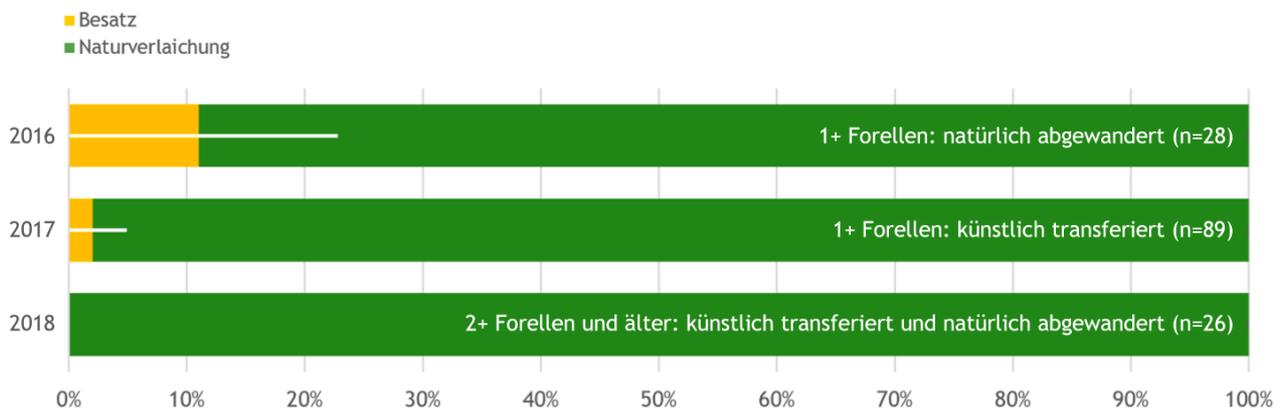


Abbildung 4-3: Übersicht zu den Erfolgskontrollen des Forellenbesatzes in der Jonen. Weiss dargestellt ist der 95%-Konfidenzintervall.

Tabelle 4-3: Übersicht zu den Resultaten der Untersuchungen zwischen 2015 und 2018 an der Jonen.

Untersuchungen Jonen	genetische Untersuchungen			Fettflosse markiert	Total untersuchte Forellen	Total Forellen	
	n	Anzahl				aus Besatz	aus Naturverlaichung
		positiv	negativ				
2016 (1+ Forellen)	28	3	25		28	3 (11%)	25 (89%)
2017 (1+ Forellen)				2	89	2 (2%)	87 (98%)
2018 (2+ Forellen und älter)				0	26	0 (0%)	26 (100%)

4.4 Suhre

Bei zwei Abfischungen in den Jahren 2014 und 2015 konnten von insgesamt 21 gefangenen Forellen im Besatzalter keine markierten Tiere gefunden werden.

Von den Anglern wurden in den Jahren 2014 bis 2017 total 50 Forellen gefangen, die mindestens der Altersklasse 2+ angehören. Das genaue Alter der Fische

konnte aber nicht überprüft werden. Davon war eine Forelle markiert und stammte folglich aus dem Besatz von 2013. Sie wurde als 2+ Forelle im Jahr 2014 gefangen. Rückmeldungen aus den weiter oben liegenden Revieren sind keine bekannt.

Tabelle 4-4: Übersicht zu den Resultaten der Untersuchungen zwischen 2013 und 2017 an der Suhre.

Untersuchungsjahre Suhre	Besatz mit Jährlinge	Anglerfänge ¹ (2+ Forellen und älter)	Resultate Erfolgskontrollen		Forellen aus Naturverlaichung ¹
			Forellen im Besatzalter ¹	markierte Forellen	
2013 (1+ Forellen)	600		-	-	-
2014 (2+ Forellen)		1 (von total 4)	8	0	8 (88.9%)
2015 (3+ Forellen)		0 (von total 22)	15	0	15 (100.0%)
2016 (4+ Forellen)		0 (von total 8)	-	-	-
2017 (5+ Forellen)		0 (von total 16)	-	-	-

¹Anteil an Besatz: Von den Anglerfängen werden nur die effektiv markierten Tiere mitgezählt. Mangels Altersbestimmung können die nicht-markierten Forellen nicht mitgezählt werden.

4.5 Reuss

In die Reuss wurden im Jahr 2016 insgesamt 12'000 Sömmerlinge ausgesetzt. Sie waren mit einem Fettflossenschnitt markiert.

2017 fanden intensive Erfolgskontrollen statt. Im Auftrag des Kantons wurden ca. 8 km Uferstrecke entlang von geeigneten Forellenhabitaten abgefischt. Ausserdem wurden bei weiteren Abfischungen von verschiedenen Projekten (EAWAG, WFN)

ebenfalls nach den Besatzfischen gesucht. Dabei wurden unter anderem an vier Tagen 20 Stellen nach der Punktsammelmethode befishet.

Trotz den intensiven Beprobungen konnten bei den Abfischungen im Jahr 2017 nur fünf 1+ Forellen gefangen werden. Davon war eine Forelle markiert.

Tabelle 4-5: Übersicht zu den Erfolgskontrollen der Besatzmassnahmen an der Reuss.

Untersuchungsjahre Reuss	Besatz	Anglerfänge (2+ Forellen und älter)	Resultate Erfolgskontrollen		¹ Forellen aus Naturverlaichung
			Forellen im Besatzalter	markierte Forellen	
2016 (0+ Forellen)	12'000				
2017 (1+ Forellen)			5	1	4 (80%)
2018 (2+ Forellen)		0	3	0	3 (100%)
2019 (3+ Forellen)		0			

¹Anteil an Besatz: Von den Anglerfängen werden nur die effektiv markierten Tiere mitgezählt. Mangels Altersbestimmung können die nicht-markierten Forellen nicht mitgezählt werden.

4.6 Staffeleggbach

Bei den Abfischungen am Staffeleggbach wurden im Frühsommer 2014 2+ Forellen auf Markierungen untersucht (Fettflossenschnitt). Von 101 Forellen (Grössenklasse 14 bis 28 cm) stammten alle aus Naturverlaichung. Es wurden folglich keine Besatzfi-

sche gefunden. In den Anglerfängen des Staffeleggbachs konnten in den Jahren 2014, 2015 und 2016 keine Besatzfische festgestellt werden. Auch aus den bachabwärtsliegenden Revieren (Sissle) wurden keine markierten Fänge gemeldet. Die Altersklasse der Anglerfänge liegt bei 2+ Forellen und älter. Der

genaue Jahrgang der Fische konnte nicht verifiziert werden.

besetzt wurden, haben sie folglich das Gewässer natürlich wiederbesiedelt.

Neben Forellen wurden bei den drei Abfischungen im Jahr 2014 auch Groppen gefangen. Da diese nicht

Tabelle 4-6: Übersicht zu den Resultaten der Untersuchungen zwischen 2013 und 2016 am Staffeleggbach.

Untersuchungsjahre Staffeleggbach	Besatz	² Anglerfänge (2+ Forellen und älter)	¹ Resultate Erfolgskontrollen		³ Forellen aus Naturverlaichung
			Forellen im Besatzalter	markierte Forellen	
2013 (0+/1+ Forellen)	700 Jährlinge 1'000 Sömmerlinge		-	-	-
2014 (1+/2+ Forellen)		0 (von total 78)	101	0	101 (0.0%)
2015 (2+/3+ Forellen)		0 (von total 38)	-	-	-
2016 (3+/4+ Forellen)		0 (von total 53)	-	-	-

¹Total drei Abfischungen im Jahr 2014.

²Im gesamten Revier gefangen, nicht ausschliesslich in betroffener Strecke.

³Anteil an Besatz: Von den Anglerfängen werden nur die effektiv markierten Tiere mitgezählt. Mangels Altersbestimmung können die nicht-markierten Forellen nicht mitgezählt werden.

4.7 Stöckenbach

Bei Erfolgskontrollen im Jahr 2017 wurden neben 66 Forellen auch 104 Groppen gefangen (Tabelle 4-7; Abbildung 4-4). Von den 1+ Forellen stammten 50.0% aus dem Initialbesatz des Vorjahres. 50.0% der 1+ Forellen stammten aus der Naturverlaichung resp. waren natürlich eingewandert. Es wurden ein Jahr nach dem verheerenden Fischsterben allerdings auch jüngere und ältere Tiere nachgewiesen. Diese stammten ebenfalls nicht vom Initialbesatz. Wenn diese in die Berechnung miteinbezogen werden,

dann steigt der Anteil der natürlich eingewanderten Forellen auf 71% aller nachgewiesener Forellen.

Bei den Erfolgskontrollen im Jahr 2018 konnten insgesamt noch zwei Forellen aus dem Initialbesatz nachgewiesen werden. Das entspricht einem Anteil von 4.3% am gesamten Forellenbestand und einem Anteil von 10.5% in der entsprechenden Längensklasse (22 bis 28 cm). Auch Groppen konnten gefangen werden.

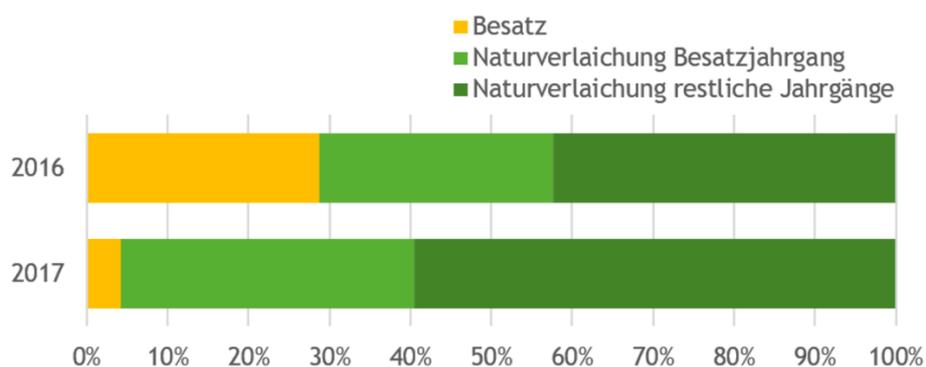


Abbildung 4-4: Übersicht zu den Erfolgskontrollen des Initialbesatzes im Stöckenbach. Die dargestellten Daten umfassen alle Forellen ohne die ebenfalls gefangenen Groppen.

Tabelle 4-7: Übersicht zu den Resultaten der Untersuchungen zwischen 2016 und 2017 am Stöckenbach.

Untersuchungen Stöckenbach	Forellenbesatz Sömmerlinge	Resultate Erfolgskontrollen				
		Groppen	Forellen	Forellen aus Besatz	Forellen aus NV ²	³ KI _{95%} +/-
2016 (0+ Forellen)	1'500					
2017 (alle Fische)		104	66	19 (28.8%)	47 (71.2%)	11.0%
2017 (1+ Forellen)			38	19 (50.0%)	19 (50.0%)	16.1%
2018 (alle Forellen)		93	47	2 (4.3%)	45 (95.7%)	5.8%
2018 (2+ Forellen ¹)			19	2 (10.5%)	17 (89.5%)	14.2%

¹Längsklasse 22 bis 28 cm

²Naturverlaichung

³+/- 95%-Konfidenzintervall vom Anteil Besatz (in %)

4.8 Kreuzungsschema

Die Resultate zum Kreuzungsschema zeigen ein uneinheitliches Bild (Abbildung 4-5). So gibt es eine grosse Varianz des Befruchtungserfolges der verschiedenen Männchen. Es sieht allerdings nicht danach aus, als ob das beim Streifen zuletzt verwendete Männchen systematisch schlechter abschneidet. Auch sieht es nicht so aus, als wäre dementsprechend das zuerst verwendete Männchen für die

meisten Nachkommen verantwortlich. Mit drei untersuchten Gruppen ist die Stichprobe für fundierte Rückschlüsse allerdings zu gering.

Grundsätzlich zeigen diese Ergebnisse, dass die verwendete Praxis beim Streifen der Laichtiere keine nachteiligen Effekte zeigen. Gemäss Largiadèr und Hefti (2002)^[10] sollen generell möglichst viele Laichtiere, vor allem auch Männchen, verwendet werden.

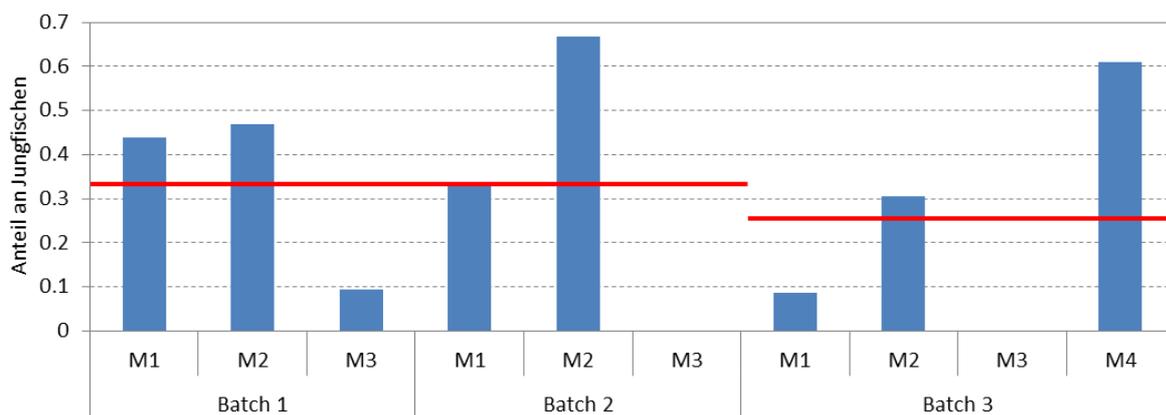


Abbildung 4-5. Anteil der verschiedenen Väter an den Nachkommen in den drei genetisch überprüften Gruppen. In den Gruppen 1 und 2 wurden jeweils drei Männchen verwendet. Bei der Gruppe 4 waren es vier verschiedene Männchen. Die roten Linien entsprechen dem Erwartungswert, wenn alle Männchen zu gleichen Anteilen an den Nachkommen partizipieren.

5 Diskussion & Empfehlungen

5.1 Erfolgskontrollen von Kompensationsbesätzen

Zusammenfassung und Empfehlung Kompensationsbesatz:

- Besatzfische konnten mit Ausnahme des Staffeleggbachs in allen Gewässern nachgewiesen werden.
- Der Anteil der Besatzfische am Fischbestand war kurz nach dem Besatz hoch. Bei älteren Forellen nimmt der Anteil der Besatzfische am Bestand rapide ab.
- Die Wildfische setzen sich im Laufe der Zeit in allen Gewässern gegenüber den Besatzfischen durch.
- Die Naturverlaichung scheint in allen Gewässern zu funktionieren.
- Dennoch überlebt ein Teil der Besatzfische und diese können am Laichgeschäft teilnehmen. Möglicherweise verdrängten diese Besatzfische einst Wildfische (Substitutionseffekt).
- Im Rahmen eines Besatzstoppversuchs wird von 2018 bis 2024 überprüft, wie und ob sich Fischbestand und Fangertag verändern.

Die Abnahme des Anteils der Besatzfische am Fischbestand über die Zeit an der Wyna und der Surb bewegt sich auf einem ähnlichen Niveau. Noch niedriger sind die Anteile der Besatzfische am Forellenbestand in der Jonen, Reuss und der Suhre. Offenbar überleben die besetzten Fische weniger gut als die wilden Forellen. Diese Resultate sind vergleichbar mit einer aktuellen Übersichtsstudie^[11] aus der Schweiz (vgl. Abbildung 5-1). Sind die Anteile der

Besatzfische am Fischbestand kurze Zeit nach einem Besatz in vielen Gewässern noch hoch, sinken sie bereits nach einem Jahr stark. Je älter die Besatzfische werden, desto niedriger wird ihr Anteil am Fischbestand. Wenn nur die adulten Tiere (3+) betrachtet werden, dann liegt der Anteil der Besatzfische in der Regel unter 10%, in einigen Gewässern gar bei 0% (z.B. Surb und Reuss).

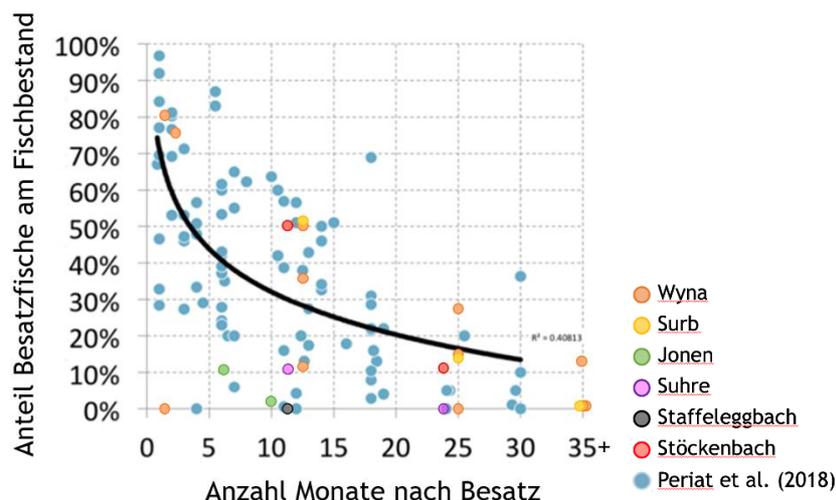


Abbildung 5-1: Die Resultate dieser Studie eingesetzt in die Ergebnisse der Vergleichsstudie von Periat et al. (in Arb.)^[11] - Grafik angepasst.

Additiver Effekt

Durch die Besatzfische erhofft man sich einen additiven Effekt auf den Fischbestand. Das heisst, dass die besetzten Fische den vorhandenen Fischbestand ergänzen und sich der Fang dadurch erhöht. Es könnten sich auch natürliche Schwankungen ausgleichen. Wissenschaftliche Arbeiten zeigen allerdings, dass der additive Effekt bei Fischen oft nicht nachweisbar oder zumindest gering ist^[12, 13]. Das ist darauf zurückzuführen, dass sich die Wildfische gegenüber den Besatzfischen besser in der natürlichen Umwelt behaupten können. Kurzfristig führt Besatz in der Regel zu einer Erhöhung des Jungfischbestandes. Längerfristig wirken die Habitatbedingungen jedoch stärker begrenzend, was die innerartliche Konkurrenz zwischen Besatz- und Wildfischen fördert. In dieser Situation haben Wildfische gegenüber den Besatzfischen einen selektiven Vorteil. Das äussert sich darin, dass der Anteil an Besatzfischen am Fischbestand kontinuierlich abnimmt. Wenn die Fische dann die Geschlechtsreife erreichen, ist der Anteil der Besatzfische so weit dezimiert, dass kaum oder gar keine mehr gefangen werden können. Da bei allen untersuchten Beständen im Kanton Aargau ein Rückgang des Besatzfischanteils beobachtet werden konnte, ist davon auszugehen, dass auch in diesen Gewässern innerartliche Konkurrenz vorliegt.

Im Umkehrschluss bedeutet erfolgreicher Fischbesatz folglich, dass der Anteil der Besatzfische über

die Zeit nicht abnimmt und bei Geschlechtsreife ihr Anteil am Fischbestand weiterhin hoch ist. Das hiesse, dass die innerartliche Konkurrenz zwischen Wild- und Besatzfischen wenig oder gar nicht spielen würde. Die Wildfische würden keinen selektiven Vorteil aus beschränkenden Habitatbedingungen (z.B. Verfügbarkeit von Unterschlüpfen) ziehen. Für die Besatzfische hätte es genügend Habitate, die zur Verfügung ständen. Folglich würde sich der Fischbestand um die Besatzfische ergänzen (additiver Effekt).

Interessant ist, dass sich selbst an der Surb kein additiver Effekt feststellen lässt. Die innerartliche Konkurrenz führt auch dort dazu, dass sich die Wildfische über die Zeit durchsetzen. Dies obwohl durch die Genetikstudie nachgewiesen wurde, dass sich die Besatzfische aus populationsgenetischer Sicht nicht von den Wildfischen unterscheiden^[1]. Das zeigt, dass für das Überleben der Fische nicht nur der genetische Ursprung eine Rolle spielt, sondern auch die natürliche Auslese (z.B. bei der Kreuzung der Elterntiere oder bei der Aufzucht der Jungfische). Diese natürlichen Prozesse können in einer Fischzucht nur schlecht nachgestellt werden. Deshalb fällt die Überlebensfähigkeit der Jungfische aus der Fischzucht geringer aus.

Substitutionseffekt

Bei jeder Besatzmassnahme muss der Substitutionseffekt beachtet werden: Auch wenn lokale Fischpopulationen sehr konkurrenzstark sind, so werden nur aufgrund der hohen Anzahl an eingesetzten Besatzfischen einige Wildfische verdrängt (Substitutionseffekt). Daher bedeutet der Nachweis von älteren Besatzfischen nicht zwingend, dass diese zusätzlich zu den Wildfischen gefangen wurden. Mit einem

Markierungsversuch alleine ist demnach kein Nachweis für einen additiven Effekt möglich.

Insgesamt lassen die Resultate dieser Studie vermuten, dass der Besatz mit Fischen aus der Fischzucht Nadler in den untersuchten Gewässern nicht zu einem erhöhten fangbaren Fischbestand führt (kein additiver Effekt). Dies kann jedoch nicht zweifelsfrei belegt werden. Klar ist, dass in allen untersuchten Gewässern ein hoher Anteil der adulten Forellen aus

der Naturverlaichung stammt und nur ein geirnger Anteil von Besatzmassnahmen.

Die Frage, wie stark der Substitutionseffekt spielt, kann anhand eines Markierungsexperiments ebenfalls nicht definitiv geklärt werden. Dies kann nur durch ein Besatzstopp überprüft werden. Deshalb wird aus wissenschaftlicher Sicht die Initiative des

Kantons Aargau begrüsst, in Zusammenarbeit mit den Fischern kantonsweit einen Besatzstoppversuch mit Forellen durchzuführen. Regelmässige Bestandeserhebungen und eine detaillierte Analyse der Fangstatistiken zeigen, ob es zu einem Fangrückgang aufgrund des Besatzstopps kommt oder nicht.

5.2 Initialbesatz nach Fischsterben

Empfehlung Initialbesatz nach Fischsterben:

- Nach einer Gewässerverschmutzung mit Fischsterben sollte die Notwendigkeit von Wiederansiedlungsmassnahmen abgewogen werden.
- Ist das betroffene Gewässer gut vernetzt und verfügt es über intakte Seitengewässer sowie einen wertvollen Fischbestand im Oberlauf, kann auf einen Initialbesatz verzichtet werden. Diese Massnahme sollte durch die zuständigen Behörden begleitet und überprüft werden.
- Es muss darauf geachtet werden, dass der gesamte Artenpool des Gewässers vorhanden ist. Es sollen nicht nur Forellen, sondern auch andere Fischarten wie Elritze, Bachneunauge, Schmerle oder Schneider, Flusskrebse und Muscheln wieder angesiedelt werden, falls diese nicht oder nur eingeschränkt wieder ins Gewässer einwandern können.
- Ist eine natürliche Wiederbesiedlung nach einem Fischsterben nicht möglich oder stark eingeschränkt, sollte ein Initialbesatz aus nahegelegenen, natürlichen Populationen erfolgen.

Nach Gewässerverschmutzungen mit Fischsterben wurden am Staffeleggbach sowie im Stöckenbach Forellen eingesetzt. Am Staffeleggbach konnten nachträglich weder bei elektrischen Befischungen noch in den Anglerfängen Besatzfische nachgewiesen werden. Etwas anders das Bild am Stöckenbach. Dort wurden ein Jahr nach Besatz 50% Besatzfische gefunden, im Jahr darauf noch 11%.

Etwas überraschend konnten im Staffeleggbach keine Forellen aus den Initialbesätzen nachgewiesen werden. Der Staffeleggbach ist jedoch mit dem Oberlauf und mit mehreren Seitengewässern gut vernetzt. Das reichte scheinbar für Forellen und Groppen aus, den betroffenen Gewässerabschnitt nach der Katastrophe relativ rasch wieder neu zu besiedeln. Im Übrigen zeichnet sich der Oberlauf des Staffeleggbachs durch eine sehr gut funktionierende Naturverlaichung aus^[14]. Es ist anzunehmen, dass

aus diesem guten Forellenbestand der Unterlauf rasch wiederbesiedelt wurde.

Der Stöckenbach andererseits ist wegen einem 5 m hohen Absturz bachabwärts nicht vernetzt. Zudem betraf die Vergiftung den gesamten Oberlauf des Gewässers. Deshalb muss davon ausgegangen werden, dass die nicht markierten Forellen verschiedener Altersklassen allesamt aus dem Gitzitobelbach stammen, oder zumindest für die Dauer des Ereignisses in diesen Bach geflohen sind. Interessant ist auch die hohe Anzahl an gefangenen Groppen, die ebenfalls aus dem Gitzitobelbach stammen müssen, da im betroffenen Abschnitt keine besetzt wurden und nach der Verschmutzung ein Totalausfall zu beklagen war.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse exemplarisch, dass bei optimalen Bedingungen nach einem Fischsterben

ein Gewässerabschnitt, wenn auch langsam, natürlich wieder besiedelt werden kann. Ob dies möglich ist, sollte aber in jedem Fall überprüft werden. Ein Initialbesatz ist nicht in jedem Fall notwendig und damit auch nicht immer sinnvoll.

Schliesslich sollte immer beachtet werden, dass in Oberläufen natürlicherweise vorkommende oder seltene Fischarten aufgrund von früheren Gewässerverschmutzungen manchmal nicht mehr vorkommen (z.B. Groppe, Elritze, Bachneunauge, Schmerle oder

Schneider). Oft werden ausschliesslich Initialbesätze mit Forellen durchgeführt.

Auch Auswirkungen auf einheimische Flusskrebs- und Grossmuschelpopulationen sowie Makrozoobenthos sollten betrachtet werden. Aufgrund von Wanderhindernissen und niedrigen Ausbreitungsgeschwindigkeiten können einige dieser Arten nach einer Gewässerverschmutzung nicht mehr oder nur sehr langsam wieder einwandern. Deshalb ist ein Initialbesatz mit diesen Arten möglicherweise notwendig und gerechtfertigt.

6 Glossar

additiver Effekt	Werden Fische in ein Gewässer eingesetzt, wird erwartet, dass sich ein Teil dieser Besatzfische zum vorhanden Wildfischbestand hinzuaddiert. Dadurch sollen nach dem Besatz insgesamt mehr Fische in dem Gewässer leben als vor dem Besatz. Damit soll die maximale Ertragsfähigkeit des Gewässers fischereilich genutzt werden.
Aufzuchtgewässer (AZG)	Bei Aufzuchtgewässern handelt es sich in der Regel um kleine Gewässer, in die im Frühling Forellenbrütlinge eingesetzt werden. Im Herbst des gleichen Jahres werden diese Bäche elektrisch abgefischt. Die gefangenen Forellen aller Altersklassen werden im Anschluss in das Zielgewässer transferiert. Die Idee dahinter ist, dass junge Forellen auf diese Weise unter natürlichen Bedingungen heranwachsen können. Dadurch sollen die Tiere ihr Verhalten möglichst wenig an die Fischzucht anpassen.
Besatz	Für die meisten Besatzmassnahmen werden Fischeier in einer Fischzucht künstlich erbrütet. Nach dem der Dottersack aufgebraucht ist, werden die Fische in ein Gewässer ausgesetzt (Besatz). Die Idee dahinter ist, dass die niedrige Mortalitätsrate bei der Erbrütung der Eier in den Fischzuchten ausgenutzt wird. In der Natur sterben vor dem Schlupf in der Regel mehr Eier ab. So sind zum Beispiel extreme Winterhochwasser, Trockenheit, Schwall-Sunk, Fressfeinde und Gewässerverschmutzungen für die Überlebensrate der Eier von grosser Bedeutung.
Besatzstadium <i>Brütling (BR)</i> <i>Vorsömmerling (VS)</i> <i>Sömmerling (S)</i> <i>Jährling (J)</i> <i>Massfisch</i>	Alter resp. Stadium des Besatzmaterials zum Besatzzeitpunkt. Es können beispielsweise schon Eier ausgesetzt werden. Je länger nach der Erbrütung mit dem Einsatz ins Zielgewässer gewartet wird, desto mehr passen sich die Besatzfische an die künstlichen Bedingungen der Fischzucht an (z.B. Futter, Strömung, Temperatur, Haltung in Gruppen, hohe Dichte). Je nach Besatzziel wird aus diesem Grund versucht, die Fische möglichst früh auszusetzen. Übliche Besatzstadien: Eier; Brütling - Larven gleich nach Schlupf, nach Möglichkeit ohne Anfüttern in der Fischzucht; Vorsömmerling - Stadium im Frühsommer; Sömmerling - Stadium nach dem ersten Sommer; Jährling - einjährige Jungfische; Massfisch - mehrjährige, adulte Fische.
Bewirtschaftungseinheit (BWE)	Gebiet, in dem die Fische der gleichen Art als Einheit (Population) bewirtschaftet werden.
Domestikation	Damit sind die Anpassungen der Fische an die Bedingungen der Zucht gemeint. Im Gegensatz zu Wildfischen wachsen Zuchtfische unter künstlichen Bedingungen auf. An diese künstlichen Bedingungen passen sich die Fische an. Sie gewöhnen sich an Rundstrombecken und daran, dass sie das Futter nicht jagen müssen etc. Wird ein Muttertierstamm in der Zucht gehalten, werden solche Anpassungen vererbt, was negative Auswirkungen auf Wildbestände haben kann.

Einzugsgebiet (EZG), <i>oberirdisch</i>	Bezeichnet die gesamte Fläche, die über einen bestimmten Punkt eines Gewässers entwässert. Alles Wasser, das auf diese Fläche beispielsweise als Regen fällt, fliesst zu dem Punkt ab. Oberirdische Einzugsgebiete werden aus der Topografie des Geländes hergeleitet. Grenzen zwischen Einzugsgebieten werden Wasserscheiden genannt. Schwieriger zu bestimmen sind unterirdischen Einzugsgebiete, da Abflüsse in einem Karstsystem und Grundwasserflüsse zumeist unbekannt sind.
Fischsterben	Infolge einer akuten Gewässerverschmutzung sterben alle oder ein Grossteil einer Fischpopulation in der betroffenen Gewässerstrecke ab.
Fitness	Damit ist das genetische vererbare Potential gemeint, das einem Individuum oder einer Population gegeben ist, um sich unter bestimmten Umweltbedingungen zu behaupten. Über Generationen angepasste Fische verfügen über eine hohe Fitness für ihr Heimatgewässer. Dank ihrer erhöhten Fitness sind sie beispielsweise in der Lage, grössere Bestände zu bilden oder sich gegenüber anderen Fischen durchzusetzen.
Gewässerverschmutzung, <i>akut</i> <i>chronisch</i>	Plötzlicher Eintrag von Giftstoffen oder Jauche in ein Gewässer zum Beispiel aufgrund eines Unfallereignisses oder durch Unachtsamkeit. Über längere Zeiträume stattfindende Verschmutzung eines Gewässers (z.B. Pflanzenschutzmittel, Strassenabrieb, etc.).
Grosseinzugsgebiet (GEZG)	Einzugsgebiete der grossen Flüsse in der Schweiz: Rhein, Inn, Ticino, Doubs, Etsch, Adda und Rhone.
Initialbesatz	Wiederansiedlung einer einheimischen Fischart, die aus einem bestimmten Gewässer verschwunden ist. In der Schweiz wird beispielsweise der atlantische Lachs (<i>Salmo salar</i>) besetzt, mit dem Ziel, ihn in die Schweiz zurückzuholen. In diese Kategorie fallen auch Besatzmassnahmen infolge eines Fischsterbens. Nach akuten Gewässerverschmutzungen, die zu einem Totalausfall der Fischbestände geführt haben, werden oft fischereilich relevante Arten in das betroffene Gewässer eingesetzt. Dies soll gewährleisten, dass sich die verschwundenen Fische möglichst schnell wieder im betroffenen Gewässerabschnitt etablieren können.
innerartliche Konkurrenz	Konkurrenz zwischen Fischen der gleichen Art.
Kompensationsbesatz	Besatz von fischereilich relevanten Arten, mit dem Ziel ein durch Menschen verursachtes Lebensraumdefizit zu überbrücken. Die natürliche Rekrutierung einer Fischart ist eingeschränkt. Solche Besatzmassnahmen sind beispielsweise oft beim Bau von Wasserkraftanlagen in Flüssen erlassen worden. Bei grossen Anlagen verwandelt sich durch den Bau der Staumauer eine Fliessgewässerstrecke in einen Stausee. Ursprünglich vorkommende Arten können aufgrund des veränderten Ökosystems verschwinden. In betroffenen Gewässern werden Besatzfische eingesetzt, um sie in diesem Gewässerabschnitt zu erhalten.
lokale Anpassung	Gerade Forellen unterscheiden sich genetisch sehr kleinräumig. Sie weisen teilweise von Bach zu Bach leicht unterschiedliche genetische Eigenschaften auf. Das ist dadurch entstanden, dass sie sich über Generationen durch natürliche Selektion den Bedingungen ihres Heimatgewässers angepasst haben. Diese Anpassungen sind genetisch vererbbar (im Erbgut gespeichert) und werden als lokale Anpassung bezeichnet.

Mortalitätsrate	Sterblichkeitsrate; Anteil einer Gruppe, die das nächste Lebensstadium nicht erlebt.
natürliche Rekrutierung	Unter Rekrutierung versteht man in der Fischökologie der Anteil der Nachkommen einer Population, die ein bestimmtes Alter erreichen (zumeist Fangfähigkeit oder Geschlechtsreife). Die natürliche Rekrutierung bezeichnet daher die Rekrutierung unter natürlichen Bedingungen (bspw. ohne Besatz).
natürliche Selektion <i>Fitness</i> <i>lokale Anpassung</i>	Unter Selektion oder Auslese versteht man in der Biologie jene Bedingungen, die bestimmen, dass sich ein Individuum erfolgreich fortpflanzen kann. Es gibt die künstliche Selektion (z.B. in Fischzuchten), die sexuelle Selektion (aufgrund von individuellen Merkmalen) und die natürliche Selektion. Die natürliche Selektion wird durch die Umwelt bestimmt. Der Begriff ist eng mit der Fitness verknüpft. Unter natürlichen Selektionsbedingungen können sich in der Regel die fittesten Individuen einer Population am erfolgreichsten fortpflanzen. Sie geben ihre Gene folglich überdurchschnittlich oft an die nächste Generation weiter. Dadurch entsteht unter anderem lokale Anpassung.
Population	Eine Gruppe von Individuen der gleichen Art, die den gleichen Lebensraum teilt.
selektiver Vorteil	Lokal vorkommende Wildfische sind optimal an ihr Heimatgewässer angepasst. Dadurch besitzen sie gegenüber Besatzfischen einen selektiven Vorteil (höhere Fitness). Sie kommen in ihrem Gewässer besser zurecht und können sich beispielsweise besser an eine eingeschränkte Verfügbarkeit von Unterständen anpassen.
Streifen	Vorgang in der Fischzucht, um Eier und Spermien zu gewinnen. Dabei werden die geschlechtsreifen Fische im Bereich der Rückenflosse gehalten. Mit der freien Hand werden den Tieren die Eier resp. Spermien aus der Geschlechtsöffnung gedrückt und in einem Eimer gesammelt. Als erstes werden die Weibchen gestreift, danach die Männchen.
Substitutionseffekt	Durch den Besatz von zusätzlichen Fischen entsteht im Zielgewässer eine erhöhte Konkurrenzsituation. Dadurch werden Wildfische, , verdrängt. Das führt letztlich dazu, dass der Bestand an naturverlaichten Fischen tiefer ist, als in einem natürlichen System möglich wäre (ohne Besatz).
Tragfähigkeit <i>carrying capacity (engl.)</i>	Der maximal mögliche Fischbestand einer Art, der in einem Gewässer möglich ist, wird als (maximale) Tragfähigkeit definiert. Die Tragfähigkeit ist für jede Fischart in jedem Gewässer unterschiedlich. Sie wird begrenzt durch die vorherrschenden Umwelt- und Habitatsbedingungen. Dazu zählen beispielsweise die Verfügbarkeit von Verstecken, Temperatur, Geschiebeführung oder Sauerstoffgehalt.

7 Referenzen

1. Vonlanthen, P., T. Kreienbühl, und C. Schmid, *Populationsgenetische Untersuchung der Forellen im Kanton Aargau* Aquabios GmbH, Auftraggeber: Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Sektion Jagd und Fischerei, Kanton Aargau, 2016.
2. Vonlanthen, P. und D. Hefti, *Genetik und Fischerei. Zusammenfassung der genetischen Studien und Empfehlungen für die Bewirtschaftung*. 2016, Bundesamt für Umwelt (BAFU): Ittingen. p. 90.
3. Spalinger, L., W. Dönni, D. Hefti, und P. Vonlanthen, *Nachhaltiger Fischbesatz in Fließgewässern*. in Arb., Bundesamt für Umwelt (BAFU): Ittingen.
4. Vonlanthen, P. und D. Schlunke, *Erfolgskontrolle Besatzmassnahmen und Populationsgenetische Untersuchung der Äschen im Kanton Aargau*. Aquabios. Auftraggeber: Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Sektion Jagd und Fischerei, Kanton Aargau. 2015.
5. Vonlanthen, P., *Hechtgenetik Kanton Aargau*. Aquabios. Auftraggeber: Kanton Aargau, Departement BVU, Sektion Jagd und Fischerei, Aarau. 2018.
6. Kreienbühl, T. und P. Vonlanthen, *Abwanderungsverhalten von Forellen (Salmo trutta) aus einem Seitengewässer*. 2017, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei: Aarau. p. 15.
7. Zopfi, D., *Abwanderung von Bachforellen aus Seitengewässern ins Hauptgewässer*. Volkswirtschafts- und Gesundheitsdirektion, Kanton Basel-Landschaft, Veterinär-, Jagd- und Fischereiwesen, 2013.
8. Norris, A.T., D.G. Bradley, und E.P. Cunningham, *Parentage and relatedness determination in farmed Atlantic salmon (Salmo salar) using microsatellite markers*. Aquaculture, 2000. **182**(1-2): p. 73-83.
9. Araki, H., B. Cooper, und M. Blouin, *Genetic Effects of Captive Breeding Cause a Rapid, Cumulative Fitness Decline in the Wild*. Science, 2007. **318**: p. 100-103.
10. Largiadèr, C.R. und D. Hefti, *Genetische Aspekte des Schutzes und der nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischarten*. 2002.
11. Periat, G., P. Vonlanthen, und D. Hefti, *Efficacité des rempoissonnements en Suisse - Synthèse et recommandations*. in Arb., Bundesamt für Umwelt (BAFU): Ittingen.
12. Eckmann, R., M. Kugler, und C. Ruhlé, *Evaluating the success of large-scale whitefish stocking at Lake Constance*. Advances in Limnology, 2007. **60**: p. 361-368.
13. Guillerault, N., D. Hühn, A.J. Cucherousset, R. Arlinghaus, und C. Skov, *Stocking for pike population enhancement*. Biology and Ecology of Pike, 2018: p. 215-248.
14. Kreienbühl, T., P. Vonlanthen, L. Hoppler, und M. Breitenstein, *Inventar der Laichgebiete der Forellen in den kleinen Fließgewässern des Kantons Aargau*, Aquabios, ECQUA, und WFN, Editors. 2017, Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei: Aarau.