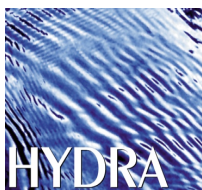


Auswertungen und Abklärungen zum weiterhin anhaltenden Rückgang der Bachforellen-Fangerträge in Appenzell Innerrhoden

Überprüfung des Innerrhoder Fischereikonzepts IFIKO - Fliessgwässer



Katarina Varga, Stefan Werner & Peter Rey

HYDRA AG, St. Gallen, 31.05.2016

HYDRA AG, Lukasstr. 29, - 9008 St. Gallen

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
Rückgang der Fangerträge.....	4
Befischungsdauer und Fangerträge.....	4
Besatz.....	7
Testbefischungen in 4 ausgewählten Probestrecken.....	8
Grössenverteilung ohne Besatz.....	10
Grössenverteilung mit Besatz.....	14
Beobachtungen zur Laichreife.....	17
Fazit aus Testbefischungen.....	17
Natürliche Reproduktion in der Sitter.....	18
Laichhabitate.....	18
Brutboxen-Versuche.....	21
Fazit.....	23
Makrozoobenthos-Erhebungen.....	24
Makrozoobenthos Biomasse.....	24
Bonitierung.....	25
Fazit.....	27
Wassertemperatur und Durchgängigkeit.....	27
Prädation durch fischfressende Wasservögel.....	28
Angelfischereiliche Nutzung.....	30
Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	32
Quellen.....	34

Einleitung

Im Jahre 1997 wurde das Innerrhoder Fischereikonzept (IFIKO) erarbeitet (BARANDUN & GMÜNDER, 1997), da ein auffallender Rückgang des Fangertrags bei den Bachforellen festgestellt wurde. Ziel dieses Konzepts war es, die Ursachen für diesen Rückgang zu finden, Möglichkeiten für die Bestandsförderung aufzuzeigen, Massnahmen zur Aufwertung von beeinträchtigten Lebensräumen vorzuschlagen sowie ein Programm für die Bewirtschaftung und Überwachung der Forellenbestände zu erarbeiten. Zentrale Vorschläge waren das Wiederanbinden von Seitengewässern an die Sitter, Lebensraumaufwertungen, Verminderung der Gewässerbelastungen durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft sowie der Besatz von Brütlingen und Strecklingen oberhalb von Aufstiegshindernissen und die Hälterung von autochthonen Laichfischen. Da der Trend der rückläufigen Fangerträge speziell in den Fliessgewässern trotz des intensivierten Besatzes jedoch nach einem leichten Anstieg 2007 weiter anhielt, wurde 2011 das Konzept bilanziert. Es wurden erneut die Gründe für die Fangrückgänge der Bachforellen gesucht, plausible Erklärungen wurden nicht gefunden. Die Besatzwirtschaft wurde seit 1997 nicht wesentlich geändert und seit mindestens dem Jahr 2000 fanden elektrofischereiliche Untersuchungen im Testabschnitt Mettlen statt. Seit 2011 wurden Erhebungen an vier Stellen in der Sitter und ihrem Hauptzufluss, dem Schwendibach, durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen deuten darauf hin, dass der langjährige Besatz den Fangertrag nicht steigern konnte und eventuell sogar kontraproduktiv sein könnte.

Nun wurden die seither vorliegenden Daten zum Besatz in den Fliessgewässern, den Fangzahlen inkl. dem Fangaufwand sowie die elektrofischereilichen Erhebungen erneut ausgewertet und analysiert. Da physikochemische Parameter wie Hydrologie und Temperaturentwicklung schon bekannt waren, wurden primär biologische Aspekte (Reproduktionsmöglichkeiten, Nahrungsressourcen, aber auch Prädation) sowie das Ausmass der fischereilichen Nutzung genauer untersucht.

Rückgang der Fangerträge

Die Fangerträge in den Innerrhoder Bächen sind seit den 1980er Jahren rückläufig. Nach einem Anstieg der Fangzahlen zwischen 1981 und 84, als in der Sitter vorübergehend über 11'000 Forellen jährlich gefangen wurden, sank der Ertrag bis 1999 auf unter 3'000 Forellen ab (BARANDUN, 2011). In diesem Zeitraum liegt die Erhöhung des Fangmasses von 22 auf 24 cm im Jahre 1993. Den langjährigen kontinuierlichen Abwärts-Trend kann dies jedoch nicht erklären. Bis 1999 verhielten sich die Fangerträge der Sitter ähnlich wie die der übrigen Bäche in Innerrhoden. Bei der weiteren Betrachtung ist jedoch in den übrigen Bächen seither eine Stabilisierung zu erkennen, in der Sitter hingegen stiegen die Fangzahlen bis 2007 leicht an, um dann wieder einen drastischen Rückgang zu verzeichnen, bei dem der Ertrag 2010 auf unter 1'500 Individuen sank. In den Folgejahren (2011 – 2015) stabilisierten sich die Fangerträge auf diesem niedrigen Niveau. Auffällig beim Fangertrag ist der meist recht geringe Anteil von Forellen über 30 cm Gesamtlänge (Abb. 1). Der Zusammenhang zwischen den Fischfangerträgen und dem tatsächlichen Fischbestand wird im Kapitel „Nachhaltige Nutzung“ behandelt.

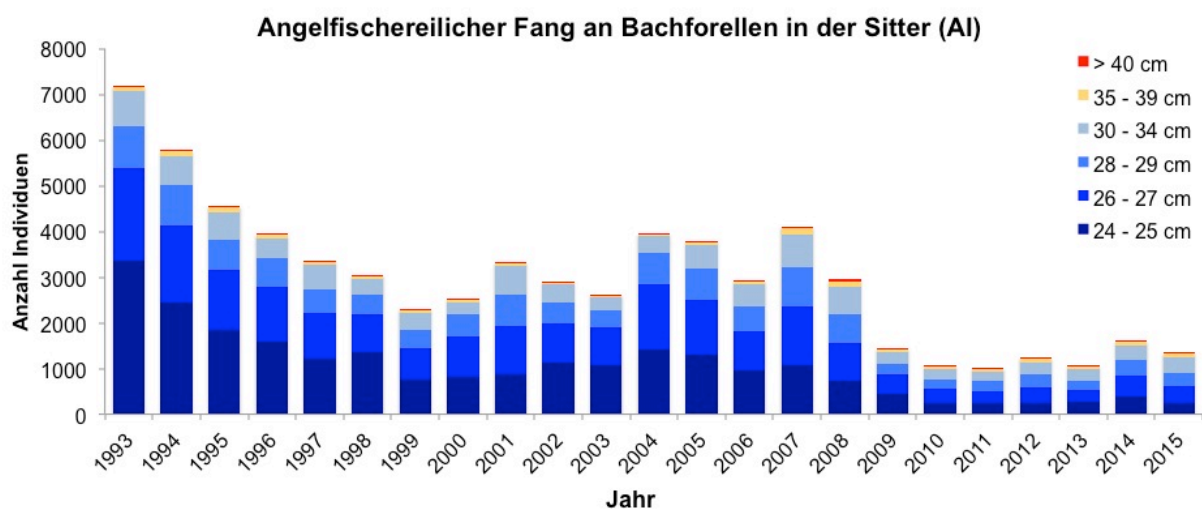


Abb. 1: Fangerträge in der Sitter in den Jahren 1993 bis 2015. Ab 1993 wurde das Fangmindestmass auf 24 cm erhöht; 2007 das Jugendpatent eingeführt.

Befischungsdauer und Fangerträge

Um interpretieren zu können, ob rückläufige Fangerträge tatsächlich im Zusammenhang mit einem Bestandsrückgang fangmassiger Fische stehen oder ob dies nutzungsbedingt ist, ist es unerlässlich, die Fangzeiten zu erfassen. Die Befischungsdauer wurde ab dem Jahr 2004 erfasst. Dies ermöglicht heute, den Zusammenhang zwischen dem Fangertrag und Befischungsaufwand auszuwerten.

Es sind deutliche Unterschiede im Befischungsaufwand zwischen den Strecken im jährlichen Vergleich zu beobachten. So sind beispielsweise im Abschnitt 5 sowohl die Fangzahlen als auch der

Fangaufwand relativ konstant. Da dieser Abschnitt im Vergleich zu den anderen Strecken kürzer ist, fallen die Gesamtfangzahlen jedoch eher niedrig aus (Abb. 2). Bei der Betrachtung der Fangeffizienz hingegen weist sie von 2008 – 2013 den niedrigsten Zeitaufwand bis zum Fang einer Forelle auf (Abb. 3). Im Gegensatz zu dieser Konstanz sind in anderen Abschnitten grosse Schwankungen und Verschiebungen zu erkennen. In den Jahren 2004 bis 2006 sind in den Abschnitten 7 und 8 die Fangzahlen zurückgegangen, in Abschnitt 6 nahmen diese aber bis 2007 deutlich zu. Ab 2008 war in allen Strecken eine deutliche Abnahme der Fangerträge zu beobachten. Es ist jedoch in Abbildung 2 deutlich zu erkennen, dass ab 2008 auch der Befischungsaufwand reduziert wurde. In einigen Abschnitten hat sich der Gesamtaufwand von 2008 bis 2010 mehr als halbiert.

Mit dem ansteigenden Zeitaufwand (ab 2007) für den Fang eines Fisches (Abb. 3) ist der totale Zeitaufwand in vielen Strecken deutlich gesunken (Abb. 2). Ab 2011 nahm dieser wieder zu und die Erträge stabilisierten sich auf einem niedrigen Niveau. Seit 2013 ist der Aufwand, einen Fisch zu fangen, in fast allen Strecken vergleichbar und schwankt zwischen 2 bis 3 Stunden. Von 2004 bis 2007 lag dieser noch zwischen 1 bis 2 Stunden.

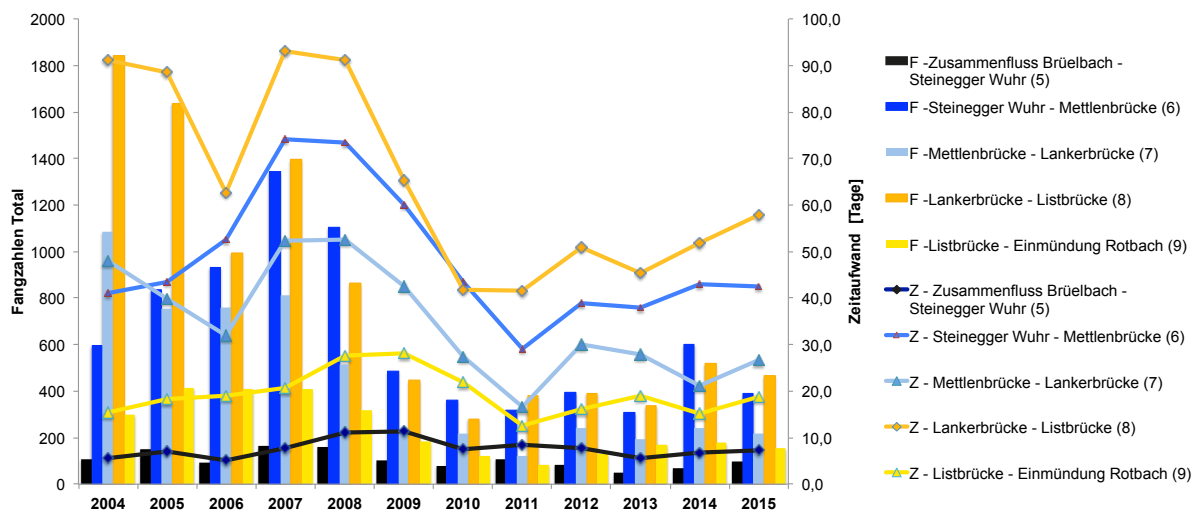


Abb. 2: Totaler Fangertrag und Zeitaufwand in Abschnitten der Sitter 2004 - 2015.

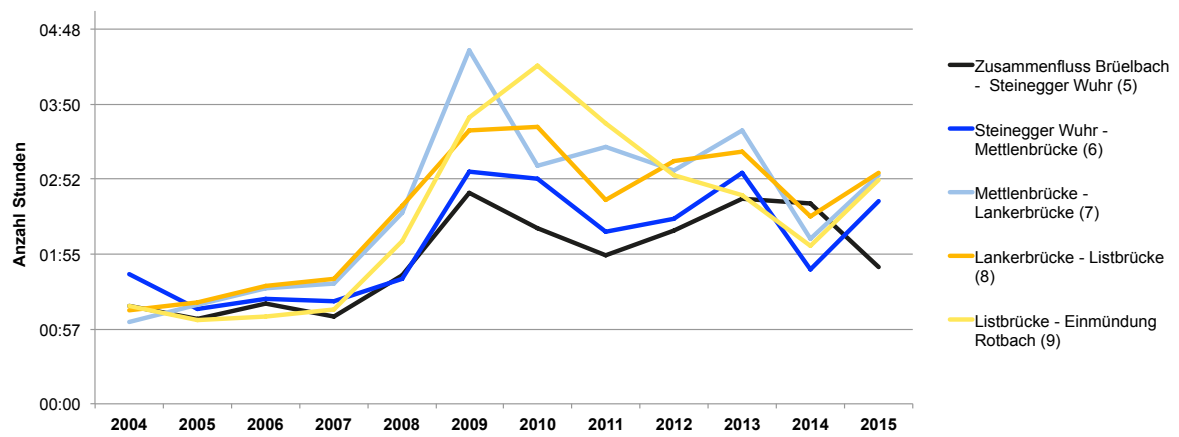


Abb. 3: Durchschnittlicher Zeitaufwand zum Fang einer Forelle in den Abschnitten der Sitter.

Besatz

Der Besatz an Jungfischen erfolgte seit 1997 unverändert gemäss IFIKO 1997, wobei die Mengen zwischen 40'000 und 80'000 schwanken (Abb. 4). Dies entsprach 2-5 Brütlingen pro Laufmeter, verteilt auf einer Bachlänge von 12 Kilometern. Um eine mangelnde natürliche Reproduktion zu kompensieren, wurden die Seitenbäche der Sitter sowie die Schwarz und der Wissbach besetzt (Abb.5). Dabei wurde ein Teil der Brütlinge für einen möglichen Notbesatz in ausgewiesenen Aufzuchtbächen belassen und – falls dieser nicht nötig wurde – im Herbst in die Alpsteinseen umgesetzt. Ältere Fische aus diesen Aufzuchtbächen wurden in Einzeljahren in einer geringen Anzahl in die Sitter umgesetzt. Zu Beginn der Besatzmassnahmen wurden Brütlinge gemäss IFIKO aus der Fischzuchtanstalt Rorschach zugekauft, ab 2007 wurden Laichfische in einer eigenen Brutanlage gehalten. Im Rahmen der Testbefischungen wurde auf jeglichen Besatz in der Sitter und ihren Seitenbächen oberhalb des Steinegger Wuhrs verzichtet. Von Mettlen bis zum Dorfwuhr wurden 500 Jährlinge und 1000 Sömmerlinge besetzt.

Ob eine Unterstützung der Naturbrut wegen mangelnder Reproduktion durch Besatz in der Sitter und ihren Zuflüssen nötig ist, blieb jedoch lange unklar. Auch die Kosten-Nutzen-Abschätzung bezüglich der hohen Arbeitsaufwände, die mit der Aufzucht und dem Besatz von Fischen betrieben werden, sind diskussionswürdig.



Abb. 4: Anzahl an besetzten Jungfischen in den Jahren 1998 bis 2015. Im Jahr 2015 fand kein Besatz statt.

Testbefischungen in 4 ausgewählten Probestrecken

Um zu überprüfen, ob die Forellenspopulation unter anderem wegen mangelnder Reproduktion tatsächlich durch Besatz gestützt werden muss, wurden im Jahre 2011 nach der Bilanzierung des IFIKO vier Teststrecken eingerichtet, die jährlich im Oktober elektrisch befischt wurden. Im Jahr 2015 wurde nur die Stelle „Kirche“ befischt. Die Strecke Steinegg ist ebenfalls ein Bestandteil dieser Auswertungen. Sie wurde 2011-2015 ebenfalls befischt – in den Jahren 2012 und 2015 mit reduzierten bzw. fehlenden Besatzmassnahmen auf Grund der NAWA (Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität) -Untersuchungen. Dieser Umstand ermöglicht es, die Auswirkungen des Besatzes innerhalb einer Strecke über mehrere Jahre zu untersuchen.

Die Ergebnisse werden im Folgenden detailliert betrachtet.

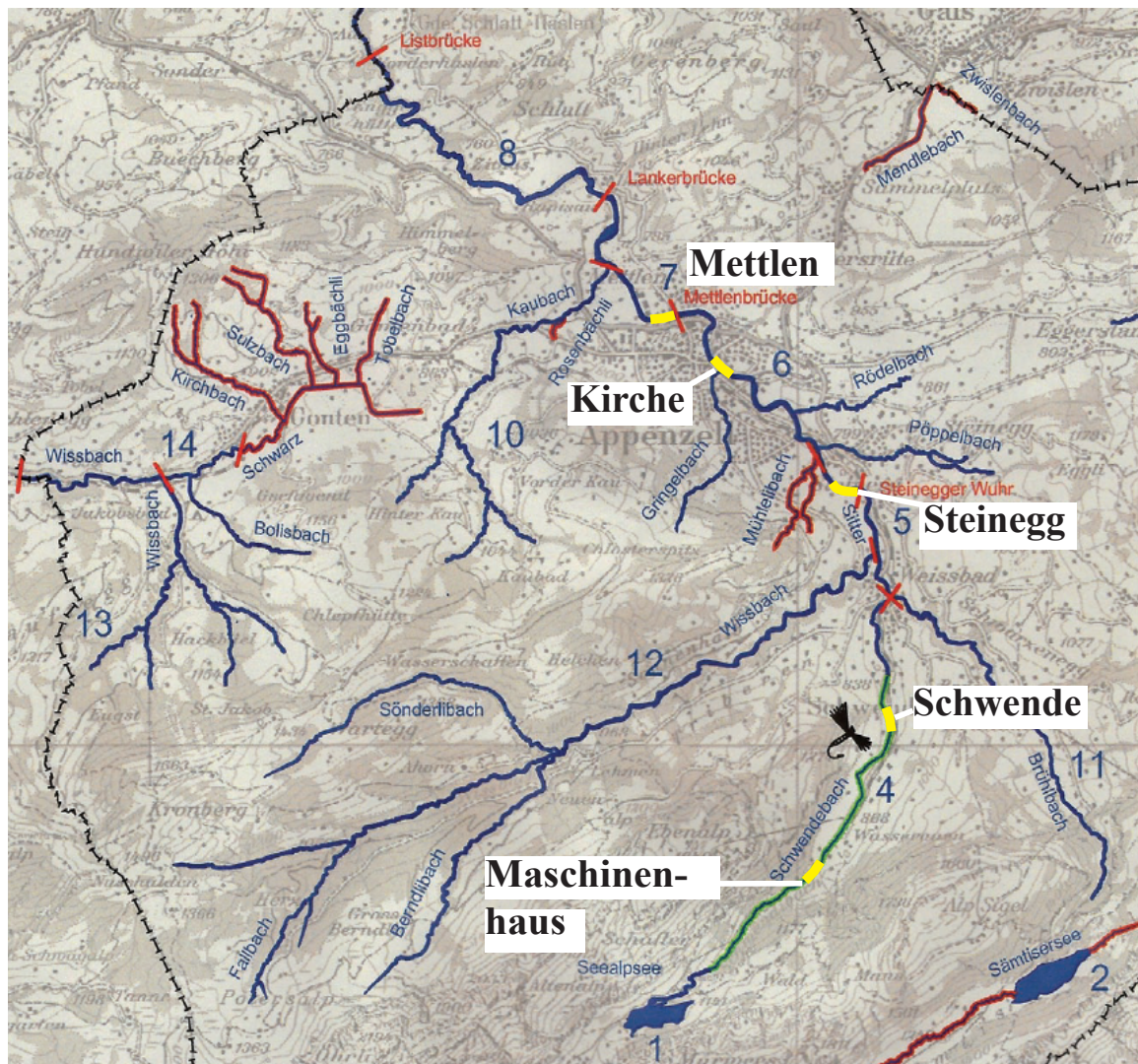


Abb. 5: Übersichtskarte der verschiedenen Befischungsstrecken in Sitter und Schwendibach (nachbearbeitet; entnommen aus Barandun, 2011).

In den untersuchten Abschnitten konnten neben Bachforellen auch Groppen gefangen werden, die aber nicht Teil dieser Untersuchung sind. Der direkte Vergleich der Fangzahlen zwischen den Strecken mit und ohne Besatz ist erschwert, da die beiden repräsentierten Abschnitte hydromorphologisch grosse Unterschiede aufweisen und diesbezüglich auch die Fischbesiedlung und -reproduktion natürlicherweise unterschiedlich sein kann (Tab. 1). So hat die Sitter durch ihr wesentlich grösseres Einzugsgebiet eine erheblich höhere Hochwassergefahr als der Schwendibach, dessen EZG durch den See gepuffert wird.

Bei den beiden Probestellen im Schwendibach (ohne Besatz) sind die benetzte Breite (ca. 5,5 m bzw. ca. 6 m), das Gefälle (3,35% bzw. 2,0%) sowie die Wasserführung (im Mittel unter 800 l/s) nicht vergleichbar mit der Sitter.

Weiterhin ist der Schwendibach durch sein Einzugsgebiet (mit den Seen) recht gut vor Hochwasserereignissen geschützt. Die Strecke **Maschinenhaus** beim Kraftwerk besitzt eine naturnahe Ufermorphologie; sie ist wenig hochwasseranfällig. Die Stelle **Schwende** ist mit Blockwurf gesichert und begradigt. Da auch Überflutungsbereiche weitgehend fehlen, steigt bei Hochwasser die Abflussgeschwindigkeit. Bei hohen Abflüssen gibt es jedoch Refugien für Fische im Blocksatz und hinter grossen Blöcken. Das Substrat ist weitgehend umlagerungsstabil und von Steinen und Blöcken geprägt.

Die Sitter ist bei Appenzell „**Kirche**“ 22 m breit, bei **Mettlen** 15,5 m bzw. bei **Steinegg** 12 m breit. Das Gefälle liegt bei 0,98 bzw. 0,78% (Tab. 1). Der mittlere Abfluss der Sitter in Appenzell liegt bei 3.550 l/s. Morphologisch ist die Sitter bei niedrigen und normalen Abflüssen gut strukturiert, bei Hochwasser bildet sich jedoch ein Kanal innerhalb der Uferbefestigungen, der wenig Refugien bietet. Die Gefahr der Abdrift besonders von Jungfischen ist erhöht.

Tab. 1: Vergleich der wichtigsten Streckencharakteristika

	Swendibach 1 Maschinenhaus	Swendibach 2 Schwende	Sitter 1 Kirche	Sitter 2 Mettlen	Sitter NAWA Steinegg
Besatz	nein	nein	ja	ja	Nein (Untersuchungs- jahr)
Breite / Länge [m]	5,5 / 170	6 / 170	22 / 170	15,5 / 170	12 / 150
Gefälle [%]	3,35	2,0	0,98	0,78	1,6
Morphologie	naturnah	begradigt	kanalisiert	begradigt	Monoton pendelnd
Substrat	Blöcke und Steine	Blöcke und Steine	Grobkies, Steine, Fels	Grobkies, Steine und Blöcke	Grobkies, Steine und Blöcke
Ca. Wasserführung MW	800	800	3550	3600	3500

Grössenverteilung ohne Besatz

Die Forellen aus den Strecken **Schwende** und **Maschinenhaus** zeigen zwischen den Jahren eine ähnliche Grössenverteilung. Beim **Maschinenhaus** (Abb. 6) wird die Grössenverteilung von Jungfischen der AK 0+ und AK 1+ dominiert. Ältere Fische waren bei den Befischungen im Oktober kaum nachweisbar, besonders fangmassige Individuen fehlen fast völlig. Weiterhin auffällig ist, dass sich hohe Sömmerlingsbestände im Folgejahr als starke AK 1+ wiederfinden. Ältere Individuen sind in der Folge dennoch stark ausgedünnt. In der Strecke **Schwende** (Abb. 7) ist die Grössenverteilung ebenfalls von Jungfischen dominiert. Ältere Bachforellen – speziell über 24 cm Gesamtlänge – sind auch hier in den untersuchten Jahren etwas häufiger als beim Maschinenhaus. Es sind zudem auch einige Individuen über 40 cm vorhanden.

Da die direkte Vergleichbarkeit mit der Sitter nicht geben ist (siehe oben), wurden zusätzlich die Ergebnisse der NAWA-Strecke **Steinegg** (Abb. 8) betrachtet. Sie liegt in der Sitter und stand jeweils im Untersuchungsjahr unter reduziertem bzw. fehlendem Besatzeinfluss. Auch hier wurde die Altersverteilung von jungen Fischen geprägt (AK 1+). Obwohl der Abschnitt wenig Laichsubstrate bietet, sind hier in den beiden NAWA-Untersuchungsjahren (2012 / 2015) mehr Jungfische (AK 0+) vorhanden als in wetterbedingt schlechten Jahren mit Besatz (z.B. 2013).

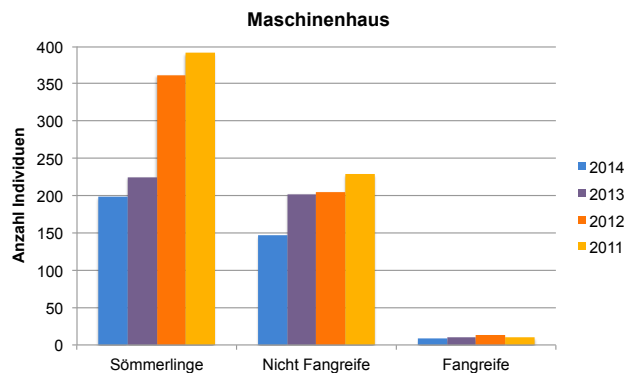
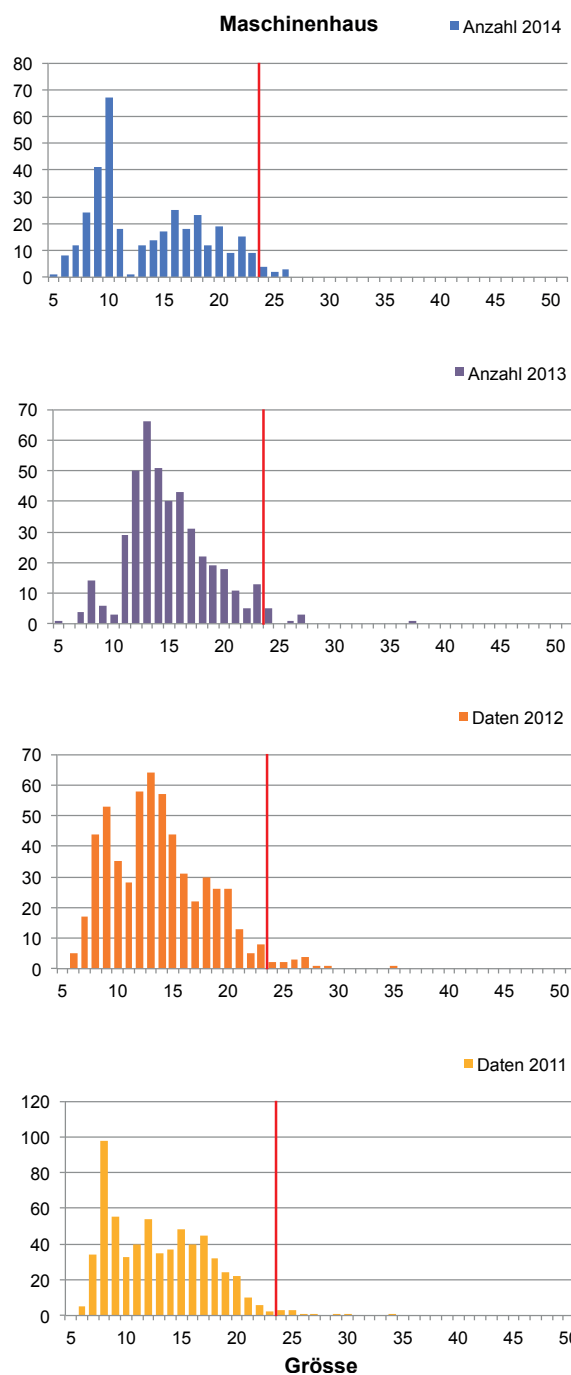


Abb. 6: Links: Vergleich der Grössenverteilung in der Teststrecke Maschinenhaus (ohne Besatz) von 2011 - 2014. Die rote Linie markiert das Fangmindestmass von 24 cm. Rechts: Einteilung nach Altersklassen im selben Zeitraum.

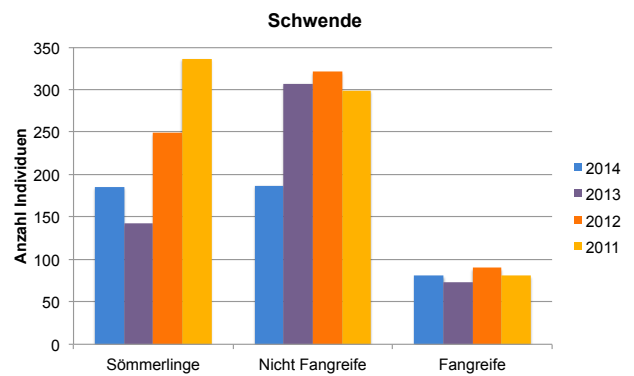
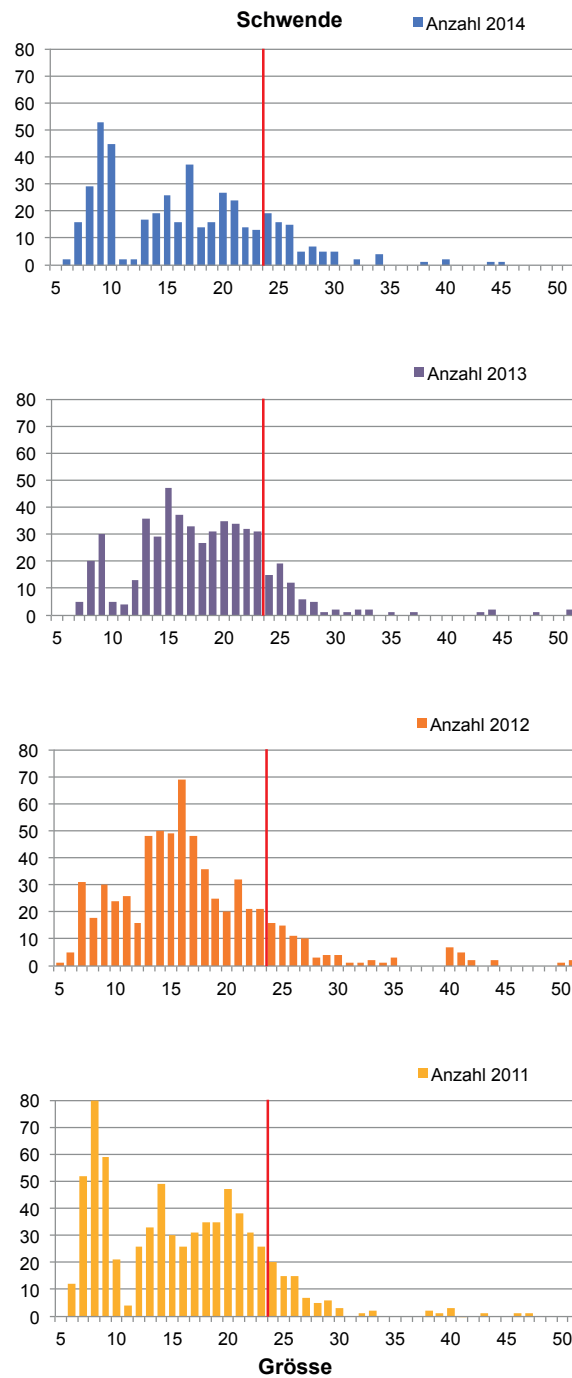


Abb. 7: Links: Vergleich der Grössenverteilung in der Teststrecke Schwende (ohne Besatz) von 2011 - 2014. Die rote Linie markiert das Fangmindestmass von 24 cm. Rechts: Einteilung nach Altersklassen im selben Zeitraum.

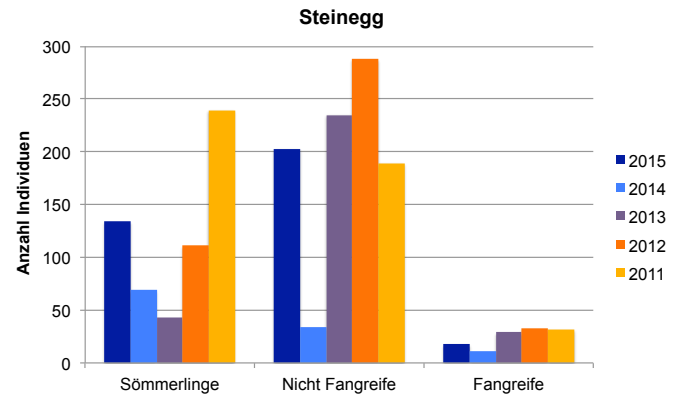
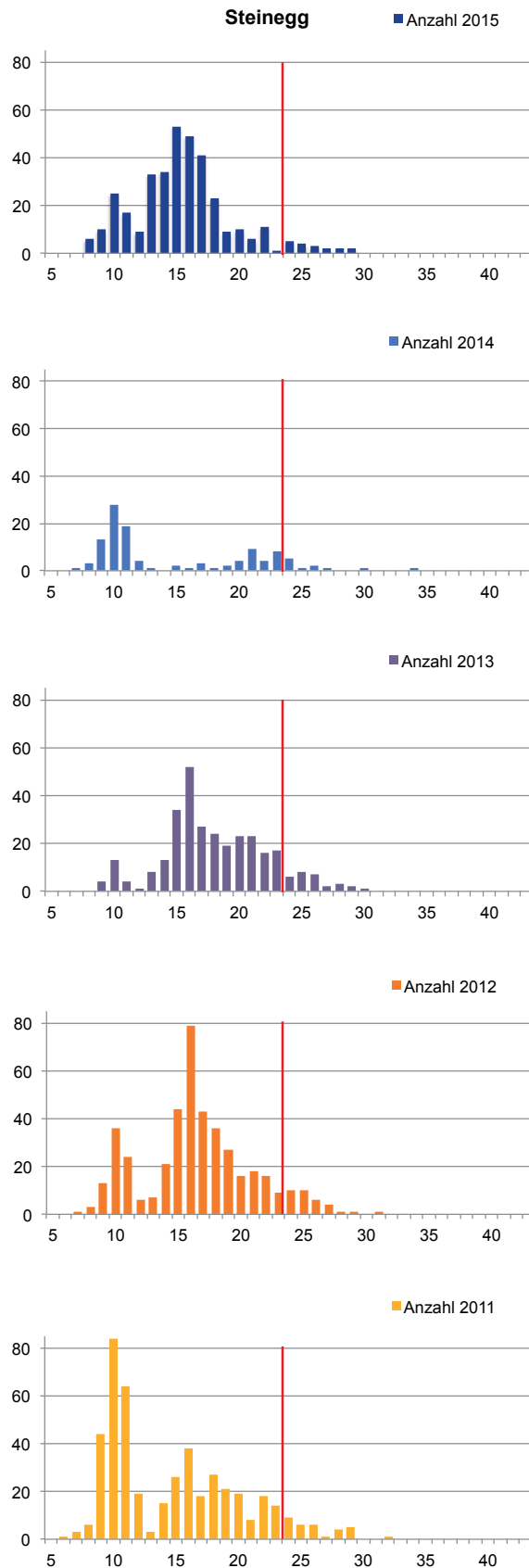


Abb. 8: Links: Vergleich der Grössenverteilung in der Teststrecke Steinegg von 2011 – 2015. Im Jahre 2012 und 2015 fand die NAWA-Untersuchung ohne Besatz statt. Die rote Linie markiert das Fangmindestmass von 24 cm. Rechts: Einteilung nach Altersklassen im selben Zeitraum.

Grössenverteilung mit Besatz

Die Stellen in der Sitter „**Kirche**“ und „**Mettlen**“, die vom Besatz in den Seitenbächen u.a. durch Drift und dichteabhängige Abwanderung beeinflusst sind, zeigen in einigen Jahren sehr hohe Sömmerlingsdichten. So wurden 2011 im Abschnitt **Mettlen** (Abb. 10) fast 1'000 Individuen der AK 0+ auf 170 m Strecke erhoben. Die Jungfische scheinen jedoch stark auf Umwelteinflüsse zu reagieren. So sind im Sommerhalbjahr 2013, das niederschlagsarm und von hohen Temperaturen geprägt war (Jahresbericht Fischerei AI, 2013), – trotz Besatz – in beiden Abschnitten im Herbst sehr wenig Jungfische festzustellen gewesen. Bei **Mettlen** hat sich dies auch auf das Folgejahr ausgewirkt, in dem sehr wenig 1+ Fische gefangen wurden, was in diesem Abschnitt im Allgemeinen festzustellen ist.

Solche Fluktuationen sind unter anderem bedingt durch den Erfolg der Reproduktion und durch die Überlebenswahrscheinlichkeit der Brütlinge, die auf Grund von äusseren Faktoren von Jahr zu Jahr natürlicherweise schwanken (Hochwässer, Sommerwassertemperatur, Krankheiten). Auch in diesen beiden Strecken sind die Dichten älterer Fische sehr gering und annähernd mit der Stelle Schwende / Maschinenhaus zu vergleichen.

In der Strecke **Kirche** treten etwas mehr fangmassige Fische auf als in Mettlen, was strukturell bedingt sein dürfte. Die grossen Individuen können sich in den hier vorhandenen Gumpen bei den Abstürzen aufhalten. Die Jungfischdichten sind im Laufe der Untersuchungsjahre in diesem Abschnitt weitgehend konstant. Ausnahme ist das Jahr 2013, das in der gesamten Sitter (AI) von einem schwachen Jahrgang an Jungfischen geprägt war.

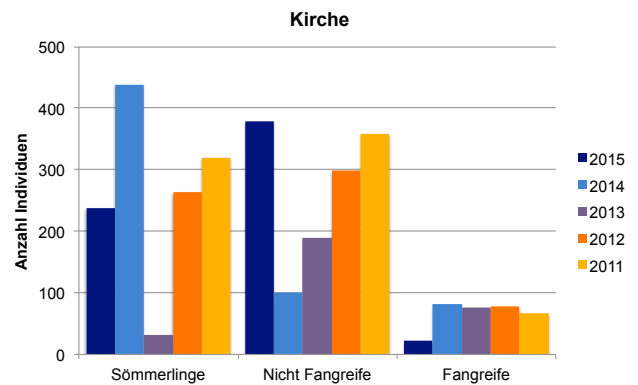
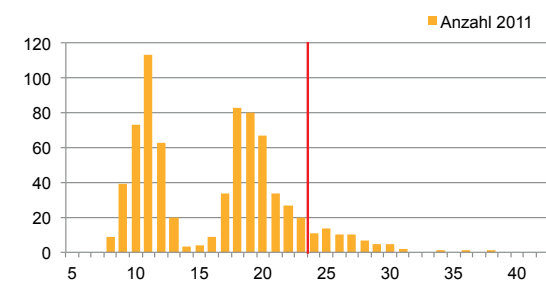
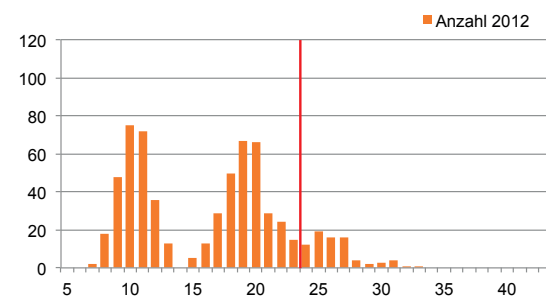
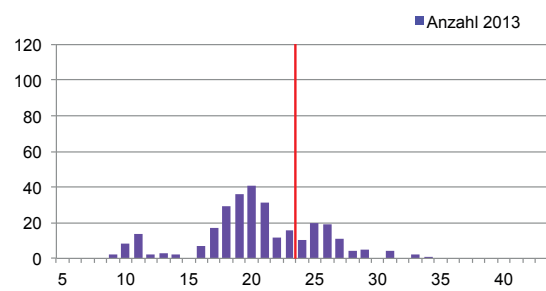
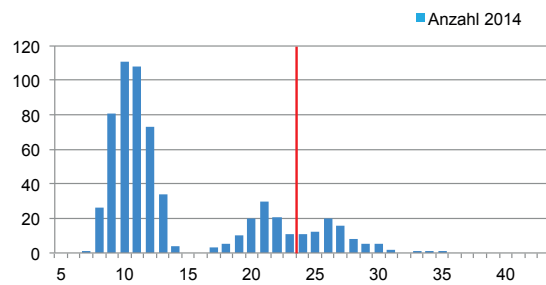
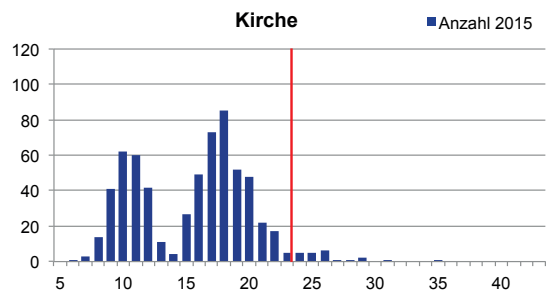


Abb. 9: Vergleich der Grössenverteilung in der Teststrecke Kirche (mit Besatz) von 2011 - 2015. Die rote Linie markiert das Fangmindestmass von 24 cm. Rechts: Einteilung nach Altersklassen im selben Zeitraum.

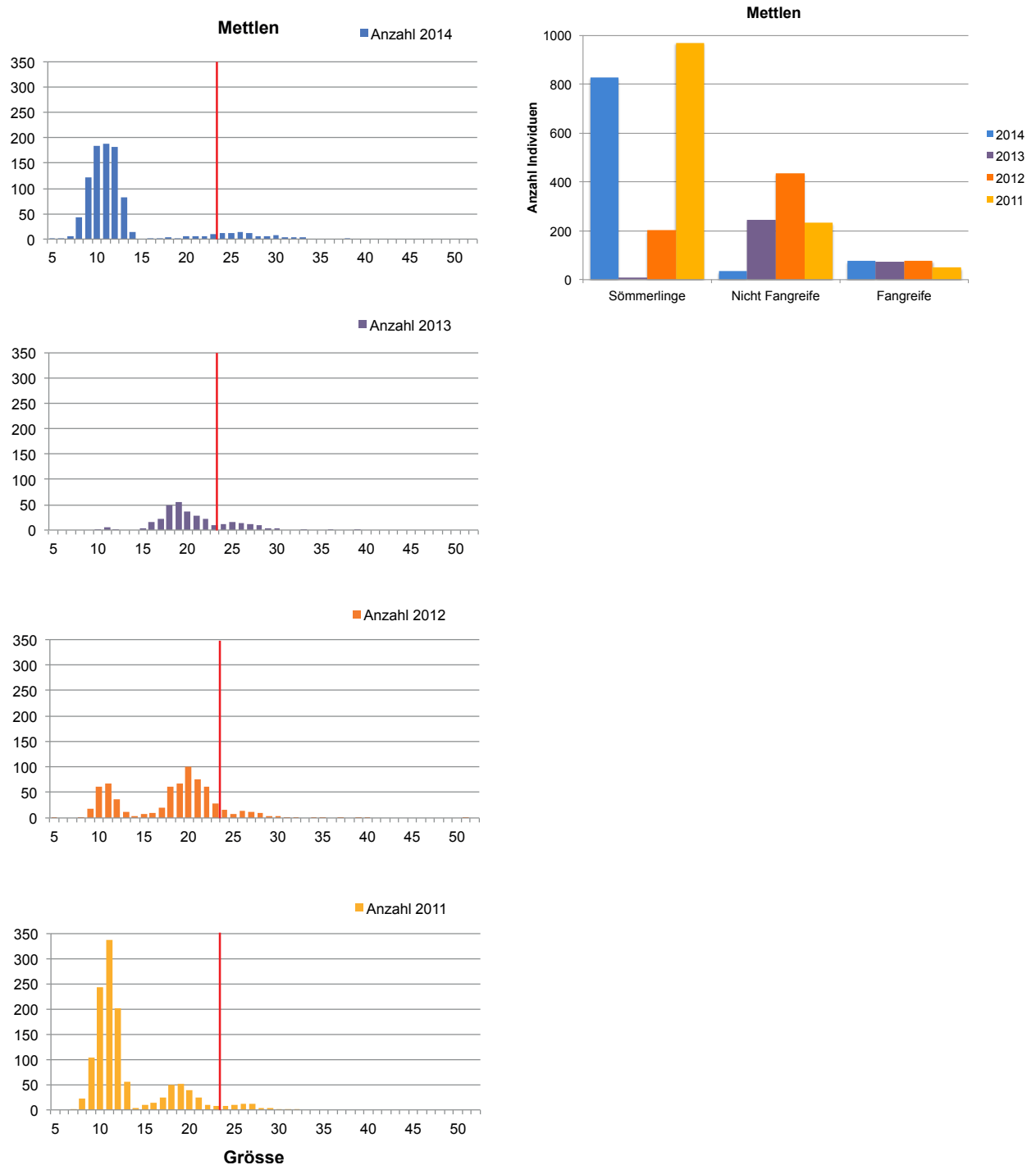


Abb. 10: Links: Vergleich der Grössenverteilung in der Teststrecke Mettlen (mit Besatz) von 2011 - 2014. Die rote Linie markiert das Fangmindestmass von 24 cm. Rechts: Einteilung nach Altersklassen im selben Zeitraum.

Beobachtungen zur Laichreife

Bei den Befischungen im Oktober 2015 wurde festgestellt, dass ein recht hoher Anteil an Bachforellen in der Sitter (Milchner wie Rogner) zwischen 18 und 20 cm Gesamtlänge bereits laichreif sind. Offensichtlich reproduziert sich ein nicht geringer Anteil an Fischen in dieser Altersklasse 1+ erfolgreich (BARANDUN ET AL., 1997). Allerdings produzieren diese kleinen Elterntiere nur verhältnismässig wenige Nachkommen im Vergleich zu Mehrfachlaichern oder Erstlaichern in der AK 2+.

Fazit aus Testbefischungen

Die Bachforellenpopulation wird an allen vier Untersuchungsstrecken grösstenteils unabhängig vom Besatz von Jungfischen dominiert. Dies ist ein äusserst positives Anzeichen für eine gesunde und vitale Population. Die natürliche Reproduktion funktioniert in guten Jahren und die Fische wachsen erfolgreich auf eine reproduktionsfähige Grösse heran, die bereits bei 18 cm beginnt. Auffallend ist andererseits der Mangel an älteren und fangmassigen Fischen. Die Bestandszahlen seit 2011 sind recht konstant. Lediglich 2011 und 2014 führte ein starker Jahrgang an Jungfischen zu höheren Bestandszahlen in Mettlen.

Beim Vergleich der Untersuchungsstrecken mit und ohne Besatz (Abb. 11) muss bedacht werden, dass diese aufgrund der Hydromorphologie nicht direkt vergleichbar sind. Jedoch zeigen auch die Ergebnisse der Strecke „Steinegg“ (2012 und 2015 fand kein Besatz statt), dass hier ebenfalls zahlreiche Jungfische vorhanden sind. Die angelfischereiliche Nutzung in allen Teststreckenbereichen ist vergleichbar.

Auf Basis der vorhandenen Daten wurden im Folgenden die Gründe der vorgefundenen Altersverteilung eruiert. Neben Aspekten der natürlichen Reproduktion wurden auch die Prädation durch fischfressende Vögel und nutzungsbedingte Aspekte betrachtet.

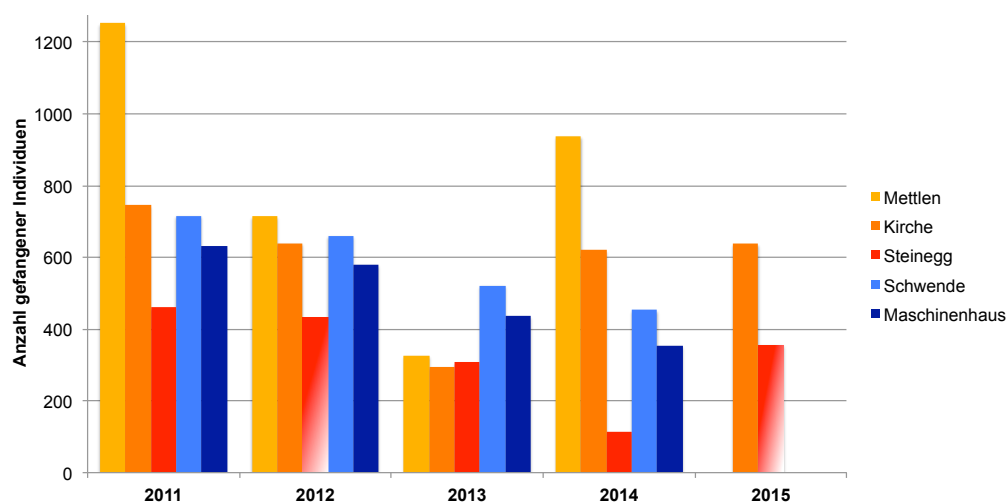


Abb. 11: Elektrofischereilich erhobene Bestandszahlen in den Teststrecken von 2011-2015. Der weisse Farbverlauf in den Balken des Abschnitts Steinegg (2012 / 2015) deutet auf fehlende Besatzmassnahmen wegen der NAWA-Untersuchung hin.

Natürliche Reproduktion in der Sitter

Um sowohl die Quantität als auch Qualität der Laichmöglichkeiten für Forellen in der Sitter (AI) zu untersuchen, wurden im Herbst 2015 potenzielle Laichsubstrate kartiert. An vier geeigneten Stellen in unmittelbarer Nähe zu den Befischungsstrecken wurden Makrozoobenthos-Proben entnommen, um Informationen über die Nahrungsverfügbarkeit für Bachforellen zu erhalten. Für die Ermittlung der Nahrungsverfügbarkeit wurde absichtlich eine pessimale Jahreszeit untersucht, um zu prüfen, ob es nahrungsbedingte Mangelsituationen geben kann. An denselben Stellen in unmittelbarer Nähe zu den Befischungsstrecken wurden im darauffolgenden Winterhalbjahr zudem Brutboxen mit befruchteten Fischeiern im geäugten Stadium exponiert.

Laichhabitate

Am 01. und 09.09.2015 wurden in der Sitter Substratflächen kartiert (Abb. 12-14), die sich für die Reproduktion von Bachforellen eignen. Die begangene Strecke führte von Lank ca. 11 Kilometer flussaufwärts bis zum Rücklauf des Kraftwerkes Wasserauen. Die Laichhabitateignung konnte ab Weissbad bis zum Kraftwerk aufgrund eines starken Wechsels im Flusscharakter nicht mehr mit der angewandten Methode (Bewertung anhand der Korngrössen) beurteilt werden, da in diesem Abschnitt Blöcke die Flusssohle dominieren und potenzielle Laichmöglichkeiten nur kleinräumig in deren Interstitial vorhanden sind. Diese sind von aussen schlecht beurteilbar. Es wurde jedoch in diesem Abschnitt der Nachweis der natürlichen Reproduktion der Bachforellen erbracht.



Abb. 12: Optimales grossflächiges Laichsubstrat.



Abb. 13: Grobes Substrat mit Algenbewuchs.

Potenzielle Laichflächen ($> 2 \text{ m}^2$) wurden mittels GPS-Gerät lokalisiert. Die **Wassertiefen- und Strömungsverhältnisse** wurden dokumentiert und die **Substratzusammensetzung** sowie deren **Kolmation** beurteilt (Tab. 2). Anschliessend wurde die Grösse der Fläche abgeschätzt und fotografisch festgehalten.

Tab. 2: Qualitätskriterien und Eignungskategorien zur Bewertung potenzieller Laichflächen.

Parameter	geeignet	möglicherweise geeignet
Substratzusammensetzung in der Deckschicht	Mittelkies ab 10 mm und Grobkies bis 6,3 cm	Mittelkies ab 10 mm und Grobkies bis 6,3, aber auch feinere oder gröbere Substrate vorhanden
Kolmationsgrad des Substrates	keine bis leichte Kolmation (höchstens geringer Feinmaterialanteil, aber auch nicht regelmässig mobilisiert)	1) mittlere Kolmation (mit Energieaufwand aufbrechbar oder hoher Feinmaterialanteil) 2) regelmässig mobilisiertes Substrat
Einschätzung der Strömungsverhältnisse	Fliessgeschwindigkeiten vor Riffeln (20-40 cm/s)	ständig benetzte Rinner und moderate Strömungsverhältnisse (5-20 cm/s; oder 40 -80 cm/s)
Einschätzung der Tiefenverhältnisse	Wassertiefe von 20 bis 40 cm	Wassertiefen von 5-20 cm oder 40-120 cm

Bei der Beurteilung wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Parameter berücksichtigt und in zwei Bewertungsstufen „geeignet“ und „möglicherweise geeignet“ eingeteilt. Ungeeignetes Substrat wurde nicht berücksichtigt. Für die Beurteilung des prozentualen Anteils an Laichflächen im untersuchten Abschnitt wurde die gesamte kartierte Fläche der benetzten Breite (Vermessung ca. alle 25 m) anhand von Luftbildern abgeschätzt.

Im Zuge dieser Kartierung wurden 1'570 m² (1,5 %) als potenziell geeignetes Laichsubstrat ausgewiesen, wovon 1'110 m² (1 %) als geeignete und 460 m² (0,4 %) als mögliche Laichflächen eingestuft wurden, die von Bachforellen erreicht werden können (Tab. 3). Weitere 2'690 m² Laichflächen wurden von List bis Lank im Zuge einer 2014 durchgeführten Begehung kartiert (Werner, 2014). Insgesamt erscheint der Anteil an Laichflächen mit etwa 1,5 % eher gering, allerdings betrachten wir das Angebot in der Sitter als nicht limitierend, da die laichfähigen Fische in allen Abschnitten grossflächig geeignete Laichhabitate erreichen können. Selbst in Abschnitten mit aufwärts unpassierbaren Hindernissen waren zwischen diesen stets genügend geeignete Laichmöglichkeiten vorhanden. Zudem besteht auch die Möglichkeit des Einstiegs in einige der Seitenbäche während der Laichzeit, auch wenn deren Anschluss an die Sitter nach wie vor vielerorts verbessert werden sollte.

Tab. 3: Angaben zu den kartierten Laichhabitatflächen in der Sitter (AI).

Kartierte Länge (km)	Kartierte Fläche (m ²) - geschätzt	Potenzielles Laichsubstrat (m ²)	Anteil Laichsubstrat an Gesamtfäche - geschätzt
ca. 7,3	103'900	1'570 gesamt 1'110 geeignet 460 möglicherweise geeignet	1,5 % 1 % 0,4 %

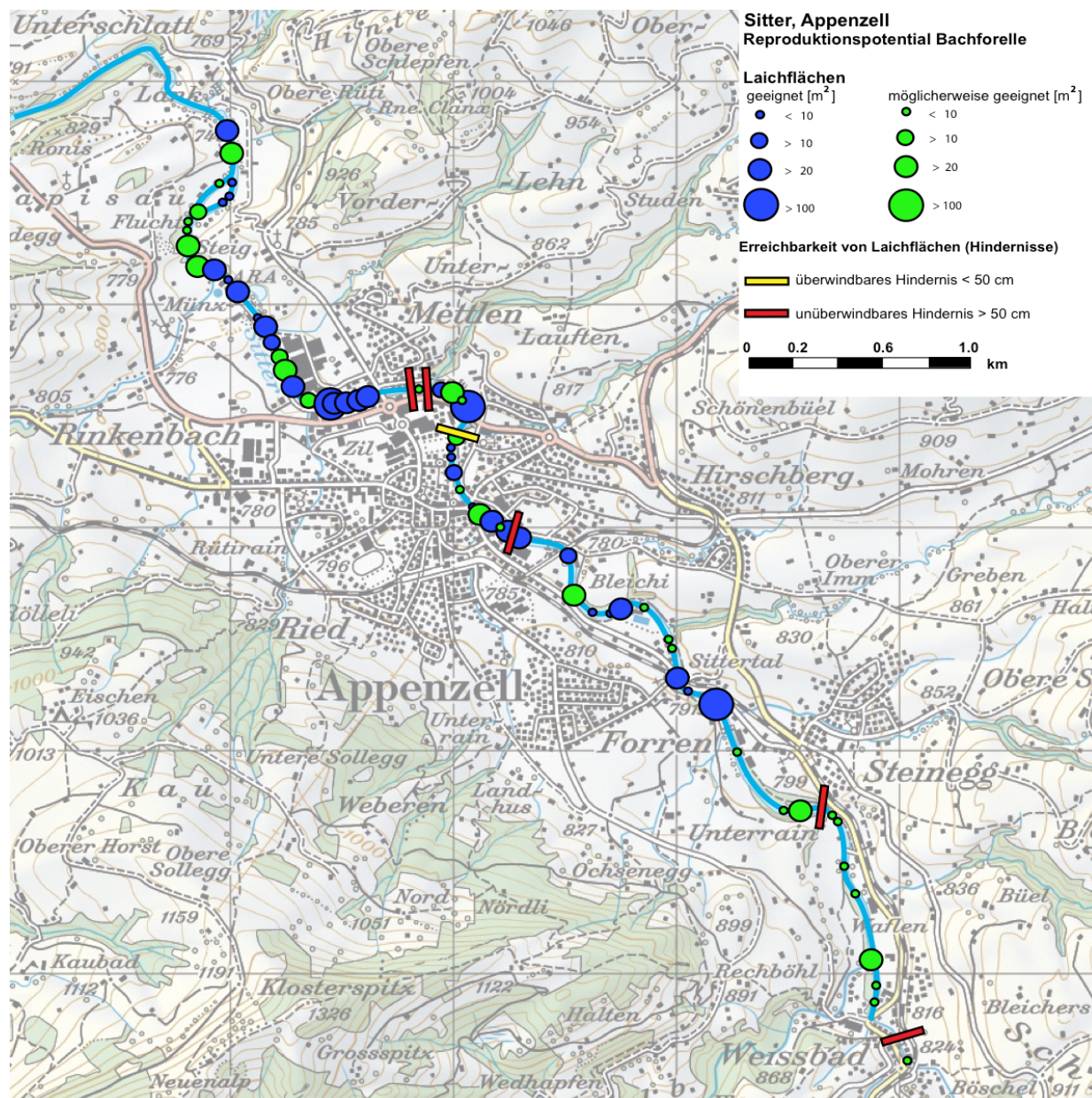


Abb. 14: Potenzielle Laichflächen und Wanderhindernisse in der Sitter (AI). (Hintergrundkarte map.geo.admin.ch).

Brutboxen-Versuche

Die Laichflächenanalysen liefern nur einen Teil der Informationen, die nötig sind, um beurteilen zu können, ob eine natürliche Reproduktion auf den untersuchten Flächen möglich ist. Weitere wichtige Parameter, die abgeklärt werden müssen, sind:

- die Wasserqualität
- der Aufbau und die Durchströmung des Kieskörpers
- die Umlagerungstabilität während der Ei- und Larvalentwicklung
- der mögliche Eintrag von Feinstoffen während der Entwicklung
- das Zusammenspiel der Einzelparameter (multifaktorelle Aspekte)

Diese Parameter können mit Hilfe von Brutboxenversuchen überprüft werden. Für den Versuch wurden geäugte Bachforelleneier aus der Fischzucht Appenzell verwendet (autochtone Elterntiere). Um sicherzustellen, dass die verwendeten Eier gesund waren, wurde eine Charge derselben Eier in der Fischzucht belassen und überprüft, in welchem Masse diese schlüpft.

An den vier Teststrecken Mettlen, Kirche, Steinegg und Schwende verwendeten wir handelsübliche WHITLOCK-VIBERT-Boxen, deren Öffnungen – durch die geschlüpfte Forellen normalerweise die Box verlassen – mit feiner Stahlgaze überdeckt wurden, um ein Entwischen der Dottersacklarven zu verhindern (Abb. 15). Am 11.02.2016 wurden geäugte Eier in jeweils 3 Boxen pro Stelle ca. 10 – 15 cm tief im Substrat vergraben. Dabei enthielt jede Box 30 Eier und Feinkies zum Schutz vor starken Umlagerungen in der kleineren Kammer sowie Steine in der unteren grösseren Kammer. Die in den Abbildungen 15 und 16 sichtbare gelbe Schnur wurde an den Boxen angebracht, um sie nach mehreren Wochen leichter wiederzufinden.

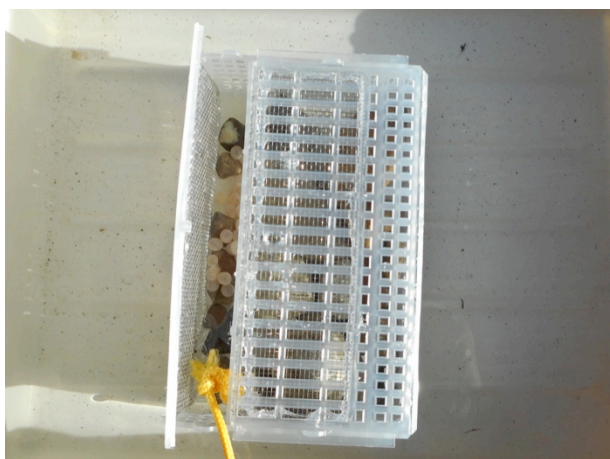


Abb. 15: Mit geäugten Forelleneiern und Substrat gefüllte Brutbox.



Abb. 16: Exposition einer Brutbox in der Sitter.

Nach fast sechs Wochen wurden am 23.03.2016 die Boxen geborgen und der Schlupferfolg ermittelt. Aus der Fischzucht Appenzell wurden zu Beginn Forelleneier mit 315 Tagesgraden mitgenommen und in der Sitter exponiert. Orientierend am Pegel Appenzell wurden die Brutboxen nach weiteren 148

(insgesamt 463) Tagesgraden geborgen (Abb. 17) und die Dottersacklarven gezählt (Abb. 18). Dabei wurde zwischen vitalen und verendeten Dottersacklarven sowie nicht geschlüpften Eiern unterschieden. In den meisten Fällen konnte man die nicht geschlüpften Eier gut identifizieren. War dies nicht möglich, so galt das Individuum als verschollen, da man nicht gänzlich ausschliessen kann, dass vereinzelt auch Dottersacklarven aus den Boxen entkommen konnten.



Abb. 17: Geborgene Brutbox aus der Sitter.

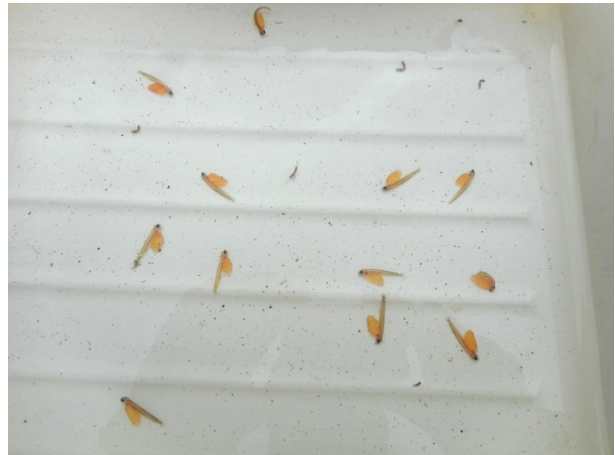


Abb. 18: Nach dem Absieben des Sediments kommen die Dottersacklarven zu Tage.

An allen untersuchten Probestellen lag der Schlupferfolg gemittelt über die drei Brutboxen über 75 % (Abb. 19). Die Stelle Steinegg wies mit 93 % den höchsten Anteil an vitalen Dottersacklarven auf. Der Grund für das gute Ergebnis ist, dass die Brutboxen nicht verschlammmt waren, was mit einer guten Sauerstoffversorgung der Eier einhergeht. An der Stelle Appenzell Kirche, die einen durchschnittlichen Schlupferfolg von 84 % aufwies, waren die nicht geschlüpften Eier verpilzt, was an den Stellen Mettlen (82 %) und Schwende (78 %) ebenfalls zu Verlusten führte. Da dies jedoch vereinzelt auch in der Fischzucht auftrat, kann dies nicht ausschliesslich auf die Wasserqualität der Sitter o.ä. geschoben werden.

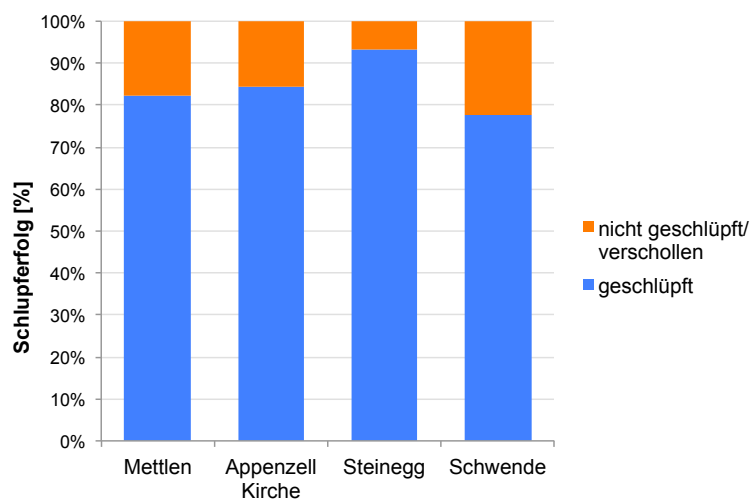


Abb. 19: Schlupferfolg befruchteter Bachforelleneier, die in der Sitter exponiert wurden.

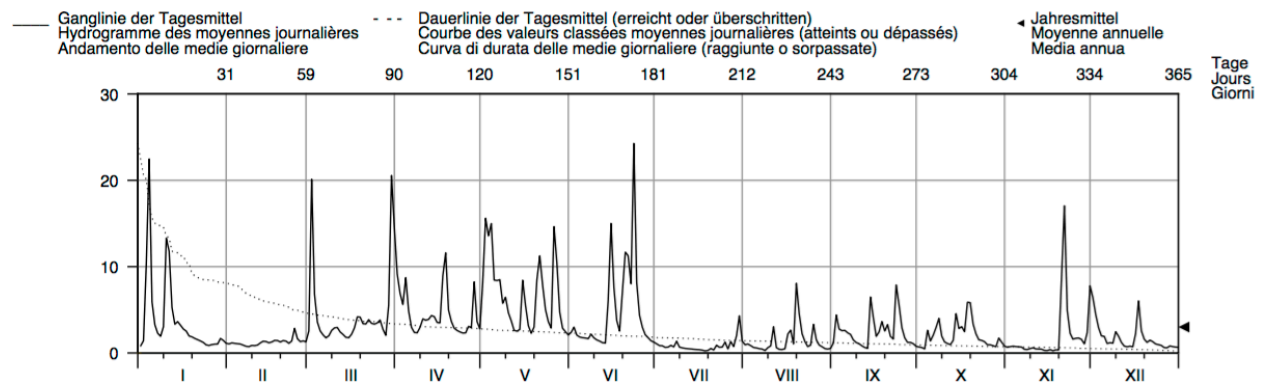
Fazit

Die durchwegs hohen Schlupfraten bestätigen die Annahme, dass die natürliche Reproduktion in der Sitter funktioniert. Es sind zudem ausreichend geeignete Laichflächen vorhanden. Hinweise auf eine nicht ausreichende Wasserqualität liegen ebenfalls nicht vor. In Mettlen kam es lokal auf Grund einer Baustelle zu Feinsedimentbelastungen, die jedoch eine erfolgreiche Reproduktion noch ermöglichten.

Die grösste Gefahr für die Naturbruten geht von Winterhochwässern aus. Ein Ereignis mit $> 40 \text{ m}^3/\text{s}$ (Abflussspitzen am 3/4.01.2015; Appenzell: $43,9 \text{ m}^3/\text{s}$) fand kurz vor dem geplanten Start des Brutboxenversuchs statt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieses Hochwasser zu grösseren Ausfallraten der exponierten Eier durch Substratmobilisierung geführt hätte und bei den naturverlaichten Eiern auch tatsächlich zu Verlusten geführt hat. Winterhochwässer könnten klimatisch bedingt künftig öfter im ansonsten abflussstabilen Winterhalbjahr der bislang nival-geprägten Sitter auftreten (Tab. 4).

Tab. 4: Abflussdaten - Statistik der eidgenössischen Messstation Appenzell an der Sitter [hydrodaten.admin.ch].
Unten: Ganglinie der Tagesmittel in $[\text{m}^3/\text{s}]$ des Jahres 2015.

Abflüsse in $[\text{m}^3/\text{s}]$	Niederwasser- abfluss (Q347)	Mittlerer Abfluss	Hochwasser- abfluss (Q9)	mittlere monatliche Abflüsse	
				max.	min
Appenzell (1923 – 2013)	0.55	3.51	14.8	5.45 (Juni)	2.03 (Januar)



Makrozoobenthos-Erhebungen

Makrozoobenthos Biomasse

Das Makrozoobenthos wurde hinsichtlich der für Fische verfügbaren Nährtiermenge untersucht. Für diesen Gesichtspunkt ist primär die Biomasse und die Fressbarkeit der Organismen entscheidend, weswegen die Makrozoobenthos-Organismen lediglich auf Gruppenniveau untersucht wurden. Dabei wählten wir für die Untersuchung explizit einen Zeitpunkt, an dem sich weniger Nährtiere an der Flusssohle aufhalten, um zu prüfen, ob es in der nahrungsärmeren Zeit zu Mangelsituationen für Bachforellen kommen kann. Dies ist auch in den Ergebnissen zu den Jahreshektarerträgen zu beachten, in welche diese Biomassen massgeblich mit einfließen. Im Sommer und Herbst treten vor allem Junglarven der Wasserinsekten auf, während im Spätwinter und Frühjahr grosse Individuen verfügbar sind.

An den Stellen Maschinenhaus, Schwende, Kirche und Mettlen wurden am 01.09.2015 habitatbezogene Mischproben entnommen, die sich aus 8 flächenbezogenen Teilproben zusammensetzten (Stucki, 2010). Es wurde nur die Lebendbiomasse berücksichtigt, bei Köcherfliegen wurde beispielsweise der Steinköcher nicht mitgewogen.

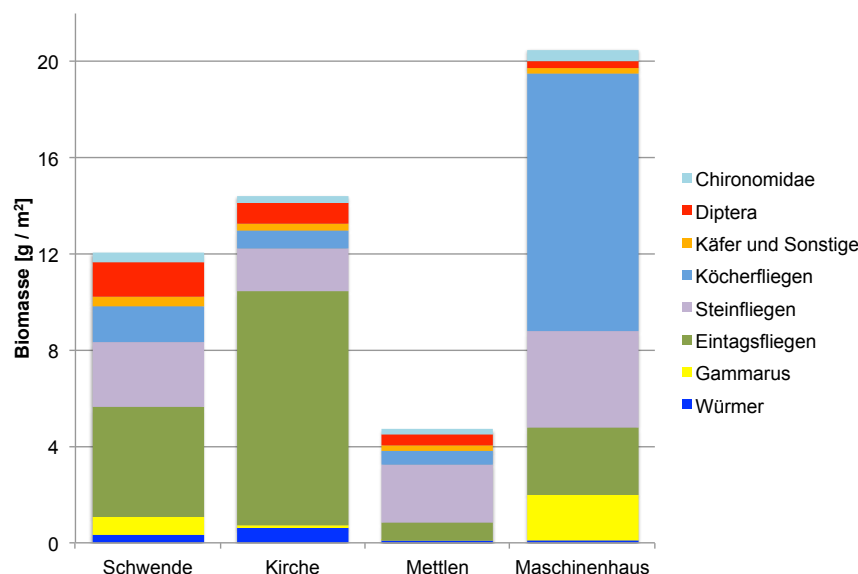


Abb. 20: An den Probestellen in der Sitter vorgefundene Nährtier-Biomassen, aufgeteilt in die vorgefundenen Makrozoobenthos-Gruppen.

Alle Probestellen waren von **EPT**-Taxa geprägt (Abb. 20). Diese Indikator-Gruppe bestehend aus Ephemeropteren (Eintagsfliegen), Plecopteren (Steinfliegen) und Trichopteren (Köcherfliegen) steht für eine gute Wasser- und Strukturqualität. Aber auch andere Gruppen wie Gammariden (Bachflohkrebse), Dipteren (Zweiflügler) sowie Würmer trugen einen erheblichen Teil zur Biomasse bei. Dabei wird diese begünstigt durch die Strömung, Strukturierung der Sohle oder durch den Bewuchs. So ist die Biomasse an der Stelle Maschinenhaus höher, da dort die grösste Struktur und

Substratvielfalt zu beobachten ist, zudem wirkt sich die Abflussstabilität auf die hier häufigen Köcherfliegen positiv aus (Abb. 20). Für Bachforellen besonders gut geeignet sind Gammariden, Steinfliegen, Köcher und Eintagsfliegen. Doch es gibt in den fischnährtierärmeren Zeiten (wie dem hier untersuchten Zeitpunkt) auch Driftjäger, die notgewasserte Landinsekten fressen. Diese Nahrung ergänzt das Nahrungsspektrum oft wesentlich, ist aber nicht abschätzbar. Von daher sind die hier festgestellten Jahreshektarerträge bei der nachfolgenden Bonitierung als pessimal zu betrachten.

Bonitierung

Um die Ertragsfähigkeit eines Gewässers abzuschätzen, müssen viele Parameter berücksichtigt werden. Die Bonitierungsmethode, ermöglicht anhand einer Formel (Guthruf, 2011) den Einbezug verschiedenster Umwelteinflüsse.

$$JHE = 10 * k1 * k2 * RQ * k3 * B_{mod}$$

JHE = Jahreshektarertrag [kg/ha], maximaler abschöpfbarer Wert

k1 = Temperaturfaktor

k2 = Raumfaktor

RQ = Korrekturfaktor Abflussregime (Restwasser)

k3 = Fischereibiologische Zonierung

B_{mod} = modifizierter Bonitätsfaktor

Es werden sowohl die Temperaturen berücksichtigt (*k1*), die im Gewässer vorherrschen, als auch die Variabilität der Breite, Wassertiefe, Strömung und Korngrößen sowie der Linienführung beurteilt (*k2*). Als weitere Faktoren werden die Natürlichkeit des Abflussregimes (*RQ*) und die fischereibiologische Zonierung (*k3*) miteinbezogen. Zusätzlich fließen die Makrozoobenthos-Biomassen mit ein, die Aufschluss über die Nahrungsverfügbarkeit für die Fische geben. Der Temperaturfaktor, die Fischzonierung sowie das Abflussregime bezüglich Restwasser wurden für alle Strecken mit demselben Wert beurteilt (Tab. 5).

Tab. 5: Ergebnisse der Berechnung des Jahreshektarertrags für die einzelnen Teststrecken. Die Untersuchungen wurden auf einen Zeitpunkt mit knapper Nahrungsverfügbarkeit gelegt.

Probestelle	k1	k2	RQ	k3	B _{mod}	JHE [kg / ha]
Mettlen	0,75	0,64	1	1	2	9,6
Kirche	0,75	0,62	1	1	3,5	16,2
Schwende	0,75	0,74	1	1	3,5	19,4
Maschinenhaus	0,75	1,01	1	1	4,5	34,0

Mettlen

Die Strecke Mettlen schneidet – im Vergleich zu den anderen Abschnitten – bezüglich ihres Jahreshektarertrags von 9,6 kg / ha Bachforellen aus mehreren Gründen schlecht ab. Einerseits ist die räumliche Vielfalt auf Grund der Uferverbauungen und der damit eingeschränkten Linienführung gering. Andererseits bietet dieser Abschnitt wenig Variabilität bezüglich seines Strömungscharakters und der für Fische gebotenen Rückzugsmöglichkeiten. Zuletzt wies diese Stelle die mit Abstand geringste Makrozoobenthos-Biomasse auf. Die Fische könnten aber von der guten Nahrungsverfügbarkeit in benachbarten Abschnitten profitieren, indem sie verdriftete Organismen und auch notgewasserte Fluginsekten fressen. In einer früheren Studie (Becker et al., 2012) wurde an dieser Strecke ein Jahreshektarertrag von 40 kg / ha berechnet. Dies ist primär mit einer hohen Nährtier-Biomasse im Frühling ($> 20 \text{ g} / \text{m}^2$) zu erklären.

Kirche

Bezüglich der ökomorphologischen Gegebenheiten schneidet der Abschnitt Kirche aus ähnlichen Gründen wie Mettlen schlecht ab. Die Abstürze am Streckenende verhindern eine Fischwanderung in oberhalb gelegene Abschnitte und die Uferverbauungen bieten bei Hochwasser keine Rückzugsmöglichkeiten. Die Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie die Korngrößen sind jedoch vielfältig und heben somit die Bewertung für die Variabilität an. Die verfügbare Biomasse an Nährtieren lag im Bereich Kirche in einem hohen Bereich für die gewählte Jahreszeit. Dies war auch der entscheidende Grund für den höheren Hektarertrag von 16,2 kg.

Schwende

Der Abschnitt Schwende weist im Gegensatz zu den in der Sitter liegenden Abschnitten eine etwas natürlichere Morphologie auf. Dennoch schneidet er in der Betrachtung der Vielfalt mässig ab, da sich die vorhandenen Strukturen wie Tiefe, Breite und Korngrößen über die betrachtete Länge kaum verändern. Bezüglich Unterstandsmöglichkeiten bieten die groben Uferbefestigungen aber mehr Schutz bei Hochwasser. Die Makrozoobenthos-Biomasse hat den gleichen Wert wie der Abschnitt Kirche, dank der besseren Lebensraumbedingungen liegt der berechnete JHE bei 19,4 kg.

Maschinenhaus

Der oberste Abschnitt bekam bezüglich seiner morphologischen Vielfalt und der Linienführung die beste Bewertung. Die Strömungsverhältnisse variieren und bei höheren Abflüssen bieten die Uferstrukturen und der Gewässerverlauf beruhigte Bereiche. Andererseits liegt der Bereich in einer Restwasserstrecke, das ausgeleitete Wasser wird als Schwall mit mässiger Schwall/Sunk-Amplitude unweit der Befischungsstrecke wieder in den Schwendibach eingeleitet. Die MZB-Biomasse war in diesem Abschnitt die höchste, dies führte mit den übrigen Werten zu einem JHE von 34,0 kg.

Fazit

Die Jahreshektarerträge für Bachforellen sind stark abhängig von der Biomasse an Nährtieren. Wir haben in dieser Studie absichtlich einen Zeitraum mit eher geringer Verfügbarkeit an Nahrungsorganismen gewählt, um zu sehen, ob es bei den Forellen zu Mangelsituationen kommen kann. Die Verfügbarkeit an Fischnährtieren war zum Untersuchungszeitpunkt in den untersuchten Abschnitten sehr unterschiedlich. Die Stelle „Kirche“ wies ein eher niedriges Nährtierangebot auf. Dennoch wurde bei elektrofischereilichen Erhebungen festgestellt, dass die Fische gut genährt waren (Konditionsindex > 1). Solche Engpässe können von Fischen auch durch den Frass von Landinsekten, die auf die Wasseroberfläche fallen, kompensiert werden. Wir haben keine konkreten Hinweise auf Nahrungsmangelsituationen gefunden; am ehesten ist dies jedoch im Bereich Mettlen denkbar.

Weiterhin geht in die Berechnung des Jahreshektarertrags die Morphologie des Abschnittes mit ein. Um die noch immer defizitären Habitate aufzuwerten, wurden bereits im IFIKO (1997) zahlreiche Aufwertungsmassnahmen aufgeführt und in Prioritätsklassen eingeteilt. Lebensraumverbesserungen können helfen, den Jahreshektarertrag zu steigern.

Wassertemperatur und Durchgängigkeit

Auf Grund des Klimawandels häufen sich auch in der Sitter Zeiten mit sehr hohen Wassertemperaturen. Im Juli 2015 wurden in Appenzell beispielsweise maximale Wassertemperaturen von $24,7^{\circ}\text{C}$ festgestellt, während sie in beschatteten Tobeln „nur“ bis max. $22,3^{\circ}\text{C}$ anstiegen. Kälteliebende Tierarten wie die Bachforelle benötigen jedoch auch im Sommer kühles, sauerstoffreiches Wasser zum Überleben. So gelten für sie Temperaturen von rund 13°C als optimal (LFU, 2005). Schon ab 18 bis 23°C beginnt für sie die so genannte Störtemperatur [4], [5]. Junge Bachforellen stellen lokal ab 18 bis 19°C die Nahrungsaufnahme ein; sie wachsen demzufolge nicht mehr. Temperaturen von 21°C bis 25°C können binnen einer Woche sogar letal wirken [5]. Noch weiter erhöhte Temperaturen ($> 26^{\circ}\text{C}$) führen meist zu einem raschen Tod.

In Jahren mit hohen Sommertemperaturen kann aufgrund der gemessenen Werte (Abb. 21) bereits heute im Oberlauf der Sitter nicht mehr ausgeschlossen werden, dass es zu Schädigungen der Bachforellen-Population kommen könnte – vor allem im Zusammenhang mit Schadstoffbelastungen (z.B. Gülleintrag aus der Landwirtschaft) und zusätzlichen vermeidbaren Störungen. In solchen Zeiten sollte zum Schutz der Fische z.B. unbedingt auf die angelfischereiliche Nutzung verzichtet werden. Hohe Wassertemperaturen erleichtern auch das Auftreten der Forellenkrankheit der PKD, die bislang nicht in AI nachgewiesen wurde.

Des Weiteren beeinflussen Uferverbauungen, Flussbegradigungen und Rodungen das natürliche Klima eines Fliessgewässers negativ. Diese Effekte kumulieren sich mit der Lauflänge. Um Lebewesen einen Rückzug in höhergelegene Abschnitte der Sitter oder in beschattete Tobel zu erlauben, kommt der Aufhebung von Durchgängigkeitsstörungen (Abb. 14) eine grosse Bedeutung zu.

Zudem sind die uferbegleitenden Gehölzstreifen in AI meist sehr schmal und lückig. Eine bessere Beschattung des Sitterlaufs durch dichtere und höhere Gehölze könnte die oft starke Erwärmung aufgrund der direkten Sonneneinstrahlung im Sommer reduzieren. Diesbezüglich wurden in IFIKO 1997 zahlreiche detaillierte Aufwertungsmassnahmen erarbeitet und in Prioritätsklassen eingeteilt.

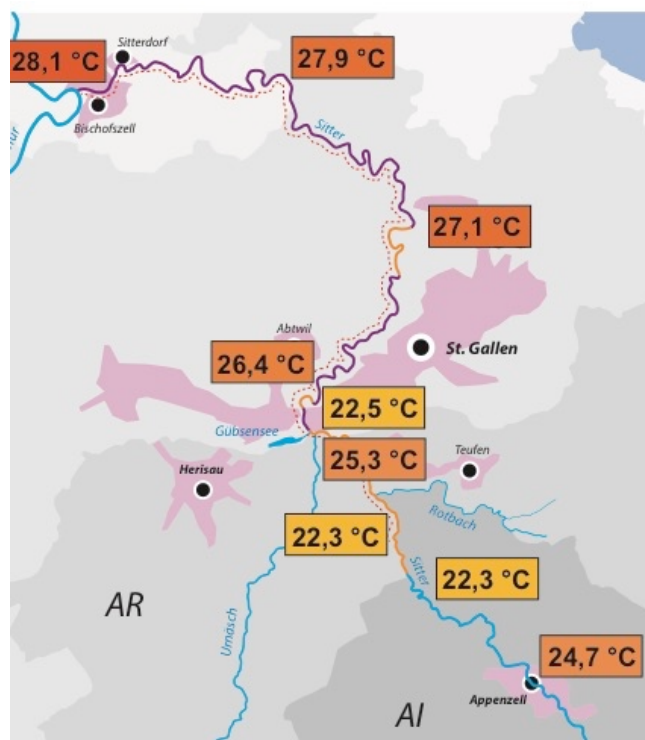


Abb. 21: Sommerliche Wassertemperaturen in der Sitter vom Oberlauf bis zur Mündung in die Thur am 22.07.2015.

Prädation durch fischfressende Wasservögel

Im Kanton Appenzell Innerrhoden treten im wesentlichen zwei fischfressende Vogelarten auf: Graureiher und Gänsesäger.

Der **Graureiher** ist in der Schweiz als "nicht gefährdet (LC)" eingestuft und gemäss eidgenössischem Jagdgesetz geschützt. Der schweizweite Brutbestand umfasst 1300–1400 Brutpaare; er hat sich in den letzten 20 Jahren nur wenig verändert, jedoch gibt es regional unterschiedliche Trends. Der Graureiher ist in AI und in unmittelbar angrenzenden Gebieten zurzeit Brutvogel mit 2 bis 3 Brutpaaren. Die nächstgelegene etwas grössere Kolonie besteht bei St. Gallen mit ca. 7 Nestern. Der Graureiher ernährt sich nicht ausschliesslich von Fisch – er frisst auch Kleinsäuger, Amphibien, grosse Wirbellose u.s.w. Oft jagt er auch auf gemähten Wiesen. Ausserhalb der Brutzeit dürften bis zu 30 Vögel an Gewässern im Kanton AI auftreten; genaue Zahlen sind nicht bekannt.

Der **Gänsesäger** ist auf der Roten Liste 2010 als "verletzlich (VU)" eingestuft und gemäss eidgenössischem Jagdgesetz geschützt. Die Brutpopulation der Alpen ist genetisch eigenständig. Daher trägt die Schweiz für deren Erhaltung eine besondere Verantwortung. Der Schweizer Brutbestand wurde 1998 auf 490–670 Brutpaare geschätzt. Derzeit dürfte er um 700-900 Brutpaare liegen. Der grösste Teil der Schweizer Population brütet an den Seen der Westschweiz. In den letzten Jahrzehnten hat sich das Areal aber auch Richtung Nordostschweiz und in Fliessgewässer ausgeweitet. Im Winter gesellen sich zu den weiter umherstreifenden einheimischen Brutvögeln auch Wintergäste aus Nordeuropa. Gemäss Daten der Schweizerischen Vogelwarte sind in AI bislang keine Gänsesägerbruten bekannt. Der aktuelle Rast- und Winterbestand in AI dürfte um 10-20 Vögel liegen.

Da Gänsesäger in alpinen Fliessgewässern meist Bachforellen fressen, wären sie für die Sitter eigentlich als ein relevanterer Prädator zu betrachten. Sie erbeuten aber vor allem Jungfische von 10 bis 15 cm und kaum jemals laichreife Fische (wie z.B. Kormorane). Damit greifen Gänsesäger zu einem frühen Zeitpunkt in die Populationsentwicklung ein, in der die Jungfischdichte auch durch andere Mortalitätsfaktoren (Hochwasser, Krankheit, innerartliche Konkurrenz) reguliert wird, womit der Einfluss auf die tatsächliche Jungfischproduktion im Gewässer prinzipiell gering ist (WOOD, 1987b). Die Prädation durch Gänsesäger ist damit für die Sitter derzeit nicht populationsrelevant. Die Aufenthaltsdauer der Gänsesäger nimmt mit steigender Fischdichte zu und nimmt mit sinkender Effektivität beim Beutefang (gemessen als Zeitspanne bis zum Fang des ersten Fisches) ab. Seine stationäre Anwesenheit ist also Indikator für viele Fische.

Die Anwesenheit fischfressender Vögel kann bei Fischen zu Verhaltensänderungen führen – sie halten sich mehr in geschützten Unterständen auf. Auch sind sie sensibler gegenüber Bewegungen am Gewässer, die eine Scheuchwirkung bei den Fischen erzeugen können (BARANDUN et al., 1997). Beides könnte sich theoretisch negativ auf den Fangertrag auswirken. Haben Fische in einem vorhergegangenen Experiment bereits Kontakt mit einem Säger, so werden diese weniger oft gefangen als erstmalig besetzte, d.h. unerfahrene Tiere (WOOD & HAND, 1985; WOOD, 1985b). Dies ist ein Hinweis darauf, dass Besatzfische die Attraktivität eines Gewässers für fischfressende Vögel steigern, da diese leichter ergreifbar sind (BARANDUN et al., 1997).

1984 erarbeitete eine nationale Arbeitsgruppe Empfehlungen für die Erteilung von Ausnahmebewilligungen für den Abschuss einzelner schadenstiftender Individuen von nicht-jagdbaren Arten. Abschüsse solcher Individuen sollen insbesondere erst dann bewilligt werden, "wenn einerseits der Schaden und andererseits die Unmöglichkeit anderer technischer Abwehrmassnahmen nachgewiesen ist". Der Schaden ist über die Verletzungsrate der Fische zu messen, da in einem Gebiet mit hohem Jagddruck durch fischfressende Vogelarten auch ein hohes Mass an äusseren Verletzungen bei den Fischen zu erwarten ist. Dieses Mass der Erheblichkeit ist bislang jedoch nicht klar definiert. BARANDUN (2011) gibt an, dass als untragbarer Schaden eingestuft wird, wenn Fische über 20 cm anteilmässig mehr als 10% an Verletzungen durch Vogelbisse/-Stiche aufweisen.

Bei den Elektro-Befischungen im Oktober 2015 wurden insgesamt rund 1000 Bachforellen aus der Sitter nach äusseren Schäden untersucht. Zusammen mit der Fischereiaufsicht und dem Fischereiverein konnten allerdings keine Verletzungen durch fischfressende Vögel festgestellt werden. Der Anteil möglicher durch Vögel (Graureiher) verursachter Verletzungen lag bei früheren Untersuchungen noch im Prozentbereich (BARANDUN, 2011).

Fazit:

Fischfressende Vögel - je nach Art und Zahl der jeweils im Gebiet ansässigen Individuen - können einen unterschiedlichen Frassdruck auf die Forellen ausüben. Um einen damit verbundenen fischereilichen Schaden abschätzen zu können, müssen zwingend folgende Informationen vorliegen:

- 1) Die genaue Zahl der Vögel, die als potenzielle Prädatoren in Frage kommen
- 2) Die Beobachtung ihrer Fangaktivitäten im Gewässer
- 3) Die Zahl verletzter Fische im Angelfang/Elektrofang

Zu 1): Hinsichtlich der Zahl fischfressender Vögel liegen zwar Zahlen über Brutpaare vor (s.o). Die Beobachtungen über die Zahl nichtbrütender Vögel im Gebiet sind bisher jedoch nicht systematisch genug aufgenommen worden, um sie weiterverwerten zu können (siehe auch BARANDUN, 2011).

Zu 2): Systematische Beobachtungen über Fangaktivitäten in der Sitter liegen nicht vor.

Zu 3) liegen die oben vorgestellten Zahlen aus 2015 vor. Danach konnte kein erheblicher Schaden bezüglich des Fischbestands nachgewiesen werden.

Die Indizienlage deutet bisher auf einen nur geringen Einfluss der Prädatoren, reicht jedoch nicht aus, um abschliessende Aussagen zu diesem Aspekt zu machen. Damit ist auch keine Abschätzung des fischereilichen Schadens (in Anzahl Fische/Grössenklasse bzw. in kg) möglich. Ein Vergleich der Fischentnahmen durch Angelfänge mit denjenigen durch fischfressenden Vögel ist derzeit an der Sitter ebenfalls nicht möglich.

Angelfischereiliche Nutzung

Die vorliegenden biologischen Untersuchungen liefern keine Erklärungen für langfristig rückläufige Fangerträge. Es konnten lediglich natürliche Schwankungen der Umweltbedingung aufgezeigt werden, die sich in einigen Jahren in den Brütlingsdichten auswirken. Gute Brütlings-Jahrgänge sind jedoch auch im Folgejahr noch als starke 1+ Altersklasse wiederzuerkennen. Da in vielen Abschnitten speziell die fangmassigen Grössenklassen ausgedünnt sind, wurde die Nachhaltigkeit der angelfischereilichen Nutzung überprüft. Der Einfluss der Nutzung auf Bestand und Grössenverteilung der Forellen konnte bislang nicht direkt untersucht werden, da in der Sitter keine Schonstrecke ausgewiesen ist. Daher werden die nachfolgenden Ausführungen aus den vorhandenen Daten hergeleitet.

Die Sitter ist im Kanton AI ein gut erreichbares Gewässer und die Fangmethoden werden stets besser. Die Anzahl der ausgegebenen Patente schwankt um eine Anzahl von 300 und es wird in manchen Strecken an knapp 100 Tagen – von 180 möglichen – gefischt. Bereits im IFIKO (1997) wurde berichtet, dass in einigen Abschnitten auf Grund intensiver Befischung die fangbaren Fische innert kürzester Zeit weitgehend entnommen werden. Dies ist besonders in Hinsicht auf die natürliche Reproduktion von grosser Bedeutung.

Eine optimale nachhaltige Nutzung geht davon aus, dass die Bestandsgrösse 4 Mal (3-5) höher sein muss als der Fangertag. Bei einer Bestandsabschätzung der Stelle „Kirche“ für das Jahr 2015 konnten 75 kg Bachforellen / ha ermittelt werden. Der Fangertag in diesem Abschnitt wurde aus der bekannten Grössenverteilung der entnommenen Fische auf 23 kg / ha abgeschätzt. Dies bedeutet, dass der Fischbestand 3x höher liegt als der Fangertag. Dies liegt im Grenzbereich zur nicht mehr nachhaltigen – also zur intensiven Nutzung. Im Jahr 2014 lag der Fischbestand an der selben Stelle mit 46,5 kg / ha deutlich niedriger, der Ertrag war jedoch ebenfalls bei 23,3 kg/ha. In diesem Falle wurden also fast 50 % des Bestandes angelfischereilich genutzt. Dies ist nicht mehr nachhaltig und muss langfristig zu einem reduzierten Fischbestand führen. Die Tatsache, dass einige Bachforellen schon mit 18 cm Länge laichreif sind, deutet des Weiteren darauf hin, dass die Fische sich bereits an den Befischungsdruck angepasst haben könnten, in dem sie kleinerwüchsig und früher reif sind. Dieses Phänomen der Selektion hin zu kleinen Individuen wurde im Bodensee aufgrund des starken Befischungsdrucks bereits an Felchen bewiesen (THOMAS ET AL., 2007). Dieser Selektionsdruck führt zu kleinen Fischen und somit auch für die angelfischereiliche Nutzung in die falsche Richtung. Es ist aus Sicht der Population jedoch als Glücksfall zu betrachten, dass die Fische sich in der Sitter bereits in der Altersklasse 1+ - in einer nicht fangfähigen Grössenklasse – erfolgreich reproduzieren. Nur deswegen scheint sich die derzeit stabile Population halten zu können. Da der Reproduktionserfolg bei älteren und grösseren Fischen besser ist, sollte über Massnahmen zur Verbesserung der derzeitigen Situation nachgedacht werden.

Die derzeitigen Entnahmemengen sind im übrigen mit einem gesteigerten Besatz nicht zu kompensieren, da ein erhöhter Brüttingsbesatz in einem solchen Ausmass zu starker innerartlicher Konkurrenz vor allem auch der Naturbrut führen würde. Aus diesem Grund ist darauf zu achten, dass grosse Individuen zu einem angemessenen Anteil im Gewässer verbleiben und sich auch reproduzieren können, was eine gesunde Grössenverteilung der Bachforellen auch auf lange Sicht sicherstellt. Dies könnte mit der Ausweisung von Schonstrecken (permanent oder rotierendes System) oder mit der Einführung einer jeweils zu ermittelnden Obergrenze an Fangertagen pro Strecke und oder Tag erreicht werden. Letzteres wäre mit einem kaum leistbaren Zeitaufwand verbunden.

Fangmindestmass

Zur Diskussion stand schon mehrmals die Wiederabsenkung des auf 24 cm festgelegten Fangmindestmasses. Die Entnahme der fangfähigen Individuen, die bei intensiver Befischung örtlich innerhalb kürzester Zeit – bereits zu Beginn der Fangsaison – erfolgt (BARANDUN ET AL., 1997), verändert die Altersstruktur und die Fortpflanzungsfähigkeit einer Fischpopulation. So werden potenzielle Erstlaicher und angehende Zweitlaicher oft bereits herausgefangen, bevor sie sich im Herbst – am Ende der Angelsaison – reproduzieren konnten. Das ist deswegen entscheidend, da Erstlaicher deutlich weniger Nachkommen produzieren als ältere und somit grössere Tiere. Durch ein wieder reduziertes Fangmass würden aber noch mehr laichfähige Fische entnommen. Um den Fischbestand langfristig zu erhalten, müsste aber das Gegenteil der Fall sein. Eine weitere Erhöhung des Fangmindestmasses würde der aktuellen Strategie vieler kantonalen Fachstellen und des Bundes nachkommen, die den Schutz eines relevanten hohen Anteils an Erst- und Zweitlaichern in den Gewässern befürworten. Es könnten aber auch fischökologisch begründete Kontingente für die Befischungstrecken festgelegt, Fangfenster definiert oder Schonstrecken ausgewiesen werden.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Durch den langjährigen Besatz konnte keine Ertragssteigerung erreicht werden und zwischen Strecken mit und ohne Besatz besteht kein langfristiger Unterschied in der Jungfischpopulation. Weiterhin wurde bewiesen, dass die Naturreproduktion erfolgreich möglich ist und in ausreichendem Masse stattfindet. Besatzfische können zudem Konkurrenzdruck auf die besser an das Leben im Fluss adaptierte Naturbrut ausüben, da geeignete Habitate für Jungfische örtlich und je nach Abflusssituation begrenzt sind. Wir empfehlen aus diesen Gründen, den Besatz künftig einzustellen. Diese Empfehlung wird argumentativ auch vom nationalen Projekt „Fischnetz“ gestützt. Gemäss dieses Projektes wird dann von regelmässigem Besatz abgeraten (BARANDUN ET AL., 1997), wenn die Naturverlaichung funktioniert und wenn der Fangertrag durch den Fischbesatz nicht erhöht werden kann (Holzer et al. 2003). Werden Gewässer mit einer Altersklasse über ihre Kapazität hinaus besetzt, kann dies sogar zu einem Anstieg der Mortalitätsraten führen. Die empfohlene Einstellung des Besatzes ist aber dringend mit einem weiterzuführenden Bestandsmonitoring zu verbinden, um die künftige Bestandsentwicklung zu dokumentieren. Auf unerwartete negative Bestandsentwicklungen ist dann zu reagieren.

Der Mangel an fangfähigen Individuen dürfte gemäss unserer Überprüfung nutzungsbedingt sein. Da ein Besatz mit älteren und fangmassigen Forellen keine nachhaltige Option darstellt, wäre es für das weitere Vorgehen zielführend, eine Schonstrecke auszuweisen, in der sich eine langjährig untersuchte Teststrecke befindet. Diese Schonstrecke sollte mindestens 1 km lang sein und sich zwischen derzeit nicht flussaufwärts überwindbaren Wehren befinden, damit ein Einfluss von zuwandernden Laichfischen weitgehend ausgeschlossen werden kann. Mittels jährlich durchzuführenden elektrofischereilichen Untersuchungen ist die weitere Entwicklung der Grössenverteilung der Forellen

zu erfassen (ohne Besatz und ohne Nutzung). Als geeignete Testschonstrecke empfehlen wir den Abschnitt, in dem sich die Teststrecke „Kirche“ befindet. Die Ergebnisse der Testschonstrecke sind mit jenen aus einem Abschnitt der Sitter mit normal fortgeführter Nutzung und vergleichbarer Ökomorphologie sowie Hydrologie (ohne Besatz) zu vergleichen.

Sollte durch die Ausweisung einer Schonstrecke die Anzahl fangmassiger Individuen innerhalb von zwei Jahren nicht deutlich gesteigert werden können, so müsste als letzte Option untersucht werden, ob grosse Fische aus der Sitter abwandern. Dies könnte mit der PIT-Tag-Technologie untersucht werden (WERNER ET AL., 2014).

Die Umsetzung der in IFIKO bereits genannten Lebensraumaufwertungen und die bessere Anbindung der Nebengewässer ist dringend zu empfehlen. Auch auf Grund der klimatischen Entwicklung sollten mittelfristig die noch bestehenden Wanderhindernisse beseitigt werden, damit die Fische in Hitzephasen in kühlere und beschattete Abschnitte ausweichen können. Auch die Beschattung sonnenexponierter Flussabschnitte durch standorttypische Vegetation könnte diesem künftig häufiger werdenden Problem vorbeugen.

Winterhochwasser werden durch Regenereignisse immer häufiger werden. Die Schaffung von Hochwasserretentionsräumen durch Gewässeraufweitungen im Oberlauf könnte helfen, eine regelmässige Umlagerung der Laichsubstrate im Winter zu reduzieren und somit den Verlust der Forellengelege minimieren.

Der Einfluss der Wasserkraft sollte den derzeitigen Stand auch künftig nicht übersteigen.

Quellen

- BARANDUN, J. (2011): Innerrhoder Fischereikonzept IFIKO – Bilanz und Revision 2011. Bericht zuhanden der Fischereiverwaltung des Kantons Appenzell Innerrhoden. 20 S.
- BARANDUN J., GMÜNDER R. (1997): Innerrhoder Fischereikonzept, IFIKO. Teilbericht Fliessgewässer. Fischereiverwaltung Appenzell Innerrhoden. 24 S.
- BAU- UND UMWELTDEPARTEMENT APPENZELL (2003): Jahresbericht Fischerei Appenzell Innerrhoden 2003.
- BECKER, A., WERNER, S. & REY, P. (HYDRA AG, 2012): Fischereibiologische Detailstudie Sitter 2010. Bericht über die in den Jahren 2010 und 2011 durchgeführten Untersuchungen. Sitterkommission – Arbeitsgruppe Sitter. Auftraggeber: Amt für Natur, Jagd und Fischerei (AJNF) St.Gallen.
- GUTHRUF, J. (2011): Methode zur Quantifizierung von Ersatzmassnahmen bei der Projektierung von Wasserkraftanlagen: - Bericht Aquatica, Auftrag: Fischereiinspektorat des Kantons Bern 36 S.
- HOLZER G., PETER, A., RENZ H., STAUB E. (EAWAG, 2003): Fischereiliche Bewirtschaftung heute - vom klassischen Fischbesatz zum ökologischen Fischereimanagement.
- LFU (2005): Mindestwasserabflüsse in Ausleitungsstrecken. Grundlagen, Ermittlung und Beispiele. Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg. 182 S.
- STUCKI, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.
- THOMAS, G. & ECKMANN, R (2007). The influence of eutrophication and population biomass on common whitefish (*Coregonus lavaretus*) growth - the Lake Constance example revisited. Can. J Fish. Aquat. Sci. 64, 402–210.
- WERNER, S., VARGA, K. & REY, P. (2014): Kraftwerk Lank-List. Ökologische Vorabklärungen. 20 S.
- WERNER S., P. REY, J. HESSELSCHWERDT, A. BECKER, J. ORTLEPP, W. DÖNNI, M. CAMENZIND (2014): Seeforelle - Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen. Im Auftrag der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodensee-Fischerei (IBKF), AG Wanderfische. 204 S.
- WOOD, C.C. (1985 b): Food-searching behaviour of the common merganser (*Mergus merganser*) II:
- WOOD, C.C. (1987b): Predation of Juvenile Pacific Salmon by the Common Merganser (*Mergus merganser*) on Eastern Vancouver Island. II. Predation of stream-resident juvenile salmon by merganser brood. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 950-959.
- WOOD, C.C. & C.M. HAND (1985): Food-searching behaviour of the common merganser (*Mergus merganser*) I: Functional responses to prey and predator density.- Can. J. Zool. 63: 1260-1270.