



KANTON  
APPENZEL INNERRHODEN



# Fischereimanagement Fählensee

Möglichkeiten und Perspektiven für die  
zukünftige fischereiliche Bewirtschaf-  
tung



Bericht

Dokument Nr. 2019-B-01  
Datum: 5.1.2021

**AquaPlus**

AquaPlus AG · Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug  
Fon +41 41 729 30 00 · Fax +41 41 729 30 01  
admin@aquaplus.ch · www.aquaplus.ch

---

**Impressum**

Auftraggeber: Bau- und Umweltdepartement · Kanton Appenzell Innerrhoden  
Gaiserstrasse 8 · CH-9050 Appenzell

Auftragnehmer: AquaPlus AG  
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Autoren: Nicole Egloff · Fabian Peter

Zitervorschlag: AQUAPLUS 2020: Fischereimanagement Fählensee – Möglichkeiten und Perspektiven für die zukünftige fischereiliche Bewirtschaftung. 31 S.

Titelseite: Unterwasserbilder von den Tauchuntersuchungen am 25.6.2020,  
Fotograph: Richard Schröter

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Auftrag</b>	<b>1</b>
<b>2 Vorgehen</b>	<b>1</b>
2.1 Phase 1a: Besitzverzicht und Entwicklung beobachten	1
2.2 Phase 1b: Vergleichende Untersuchungen zu Besitzerfolg und -misserfolg von <i>S.namaycush</i>	2
2.3 Phase 2: Entscheid zur fischereilichen Zukunft des Sees	2
2.4 Massnahmen einleiten und überwachen	2
<b>3 Fischerei Fählensee</b>	<b>3</b>
3.1 Fischarten	3
3.2 Fischfangerträge	3
3.3 Schuppen- und Wachstumsanalyse Seesaibling	4
3.4 Vergleich von Seesaiblingen im Fählensee und mit dem Silsersee	5
3.5 Fischlebensräume	8
<b>4 Gewässerzustand</b>	<b>13</b>
<b>5 Nahrungsbeziehungen und Besitzstrategien</b>	<b>15</b>
5.1 Natürliche Nahrungspyramide	15
5.2 Rückschlüsse zur Nahrungspyramide im Fählensee	15
5.3 Artenportraits und Beurteilung für den Fählensee	17
<b>6 Varianten zum zukünftigen Management</b>	<b>25</b>
6.1 Variante 0: Status quo	25
6.2 Variante 1: keine Besitzmassnahmen	26
6.3 Variante 2: Besitz mit Regenbogenforellen	27
6.4 Variante 3: Besitz mit Rotfedern	27
6.5 Variante 4: Besitz mit adulten Regenbogenforellen	28
6.6 Variante 5: Wiederaufnahmen Namaycush Besitz	28
<b>7 Fazit und Empfehlungen</b>	<b>29</b>
<b>8 Literatur</b>	<b>31</b>

## 1 Auftrag

Der Fählensee weist für einen Bergsee einen unbefriedigenden Zustand auf. Durch Sauerstoffarmut und hohe Nährstoffkonzentrationen weicht der See deutlich vom Referenzzustand eines Bergsees ab. Auch die Fischfangerträge waren in den letzten 15 Jahren stark rückläufig. Die Korrektur der Artenzusammensetzung durch die Entnahme grosser Namaycush zeigt zwar bereits verbesserte Fangerfolge, allerdings muss die Situation der vorkommenden Fischarten und ihre Eignung für den See grundsätzlich beurteilt und hinterfragt werden. Dieser Bericht soll aufgrund von Daten gefangener Fische, der Einschätzung vorhandener Fischlebensräume und der gewässerökologischen Situation am Fählensee Möglichkeiten aufzeigen, wie eine zukünftige nachhaltige fischereiliche Nutzung, welche auch das Wohl der Zielfischarten berücksichtigt, am Fählensee aussehen könnte.

## 2 Vorgehen

Mit dem Bericht Namaycush-Management Fählensee (AquaPlus 2019) wurden Vorschläge für das weitere Vorgehen zur Optimierung des fischereilichen Managements am Fählensee gemacht. Diese gliederten sich in folgende drei Phasen:

Phase 1a: Besitzverzicht und Entwicklung beobachten

Phase 1b: Vergleichende Untersuchungen zu Besitzerfolg und -misserfolg von *S. namaycush*

Phase 2: Entscheid zur fischereilichen Zukunft des Sees

Phase 3: Massnahmen einleiten und überwachen

Im Folgenden wird der Zwischenstand bzgl. dieser 3 Phasen beschrieben:

### 2.1 Phase 1a: Besitzverzicht und Entwicklung beobachten

Auch zwei Jahre nach der Fangaktion am Fählensee weisen die Fischfangstatistiken kaum weitere Namaycush-Fänge auf. Dies gilt es weiterhin zu beobachten. Die Überprüfung mittels Sonar zur Detektion grosser Fische wurde bisher nicht wiederholt - entgegen den Empfehlungen von AquaPlus (AquaPlus 2019) - würde jedoch als einfache und zielführende Massnahme vielversprechende Resultate ermöglichen. Wir empfehlen daher die Befahrung mittels Sonar im Frühling 2021 durchzuführen.

Die Fischfangstatistik von 2019 zeigt sehr geringe Gesamtfänge von nur 40 Fischen. Im Jahr 2020 wurden mit 107 Stück wieder deutlich mehr Fische gefangen. Mit 99 Fischen waren dies hauptsächlich Seesaiblinge.

Seit dem Bachforellenbesatz mit 2'000 Sömmerlingen für die Namaycush-Fangaktion im Oktober 2018 wurden keine weiteren Besatzmassnahmen mehr getätigt.

## **2.2 Phase 1b: Vergleichende Untersuchungen zu Besatzerfolg und -misserfolg von *S.namaycush***

Untersuchungen zu Besatzmassnahmen mit *S.namaycush* in anderen Schweizer Bergseen wurden bisher keine durchgeführt.

## **2.3 Phase 2: Entscheid zur fischereilichen Zukunft des Sees**

Neben fischereilichen Interessen ergeben sich auch bezüglich der Nährstoff- und Sauerstoffsituation am Fählensee offene Fragen, die wiederum Auswirkungen auf ein effizientes und sinnvolles Besatzmanagement haben. Diesbezüglich wurden 2020 Tauchuntersuchungen für die Fischlebensraumbewertung und Schuppen- und Wachstumsanalysen gefangener Fische durchgeführt. Ergänzend konnten durch das Amt für Umwelt gewässerchemische und -physikalische Untersuchungen sowie Sedimentprobenahmen beauftragt werden, die in separaten Berichten behandelt werden. Die Resultate der getätigten Probenahmen bieten die Möglichkeit das zukünftige Fischereimanagement in einem grösseren Kontext zu beurteilen. Dieser Bericht umfasst die Phase 2 in welcher unterschiedliche Varianten von möglichen Besatzstrategien aufgezeigt werden.

## **2.4 Massnahmen einleiten und überwachen**

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und der Zieldefinition für das zukünftige Besatzmanagement am Fählensee können entsprechend sinnvolle Massnahmen für eine bestimmte Besatzstrategie eingeleitet werden. Diese gelten jedoch nicht als unveränderlich. Die Beobachtung und regelmässige Überprüfung der Massnahmen bleibt weiterhin von grosser Bedeutung und eine allfällige Anpassung des Besatzmanagements ist durchaus denkbar.

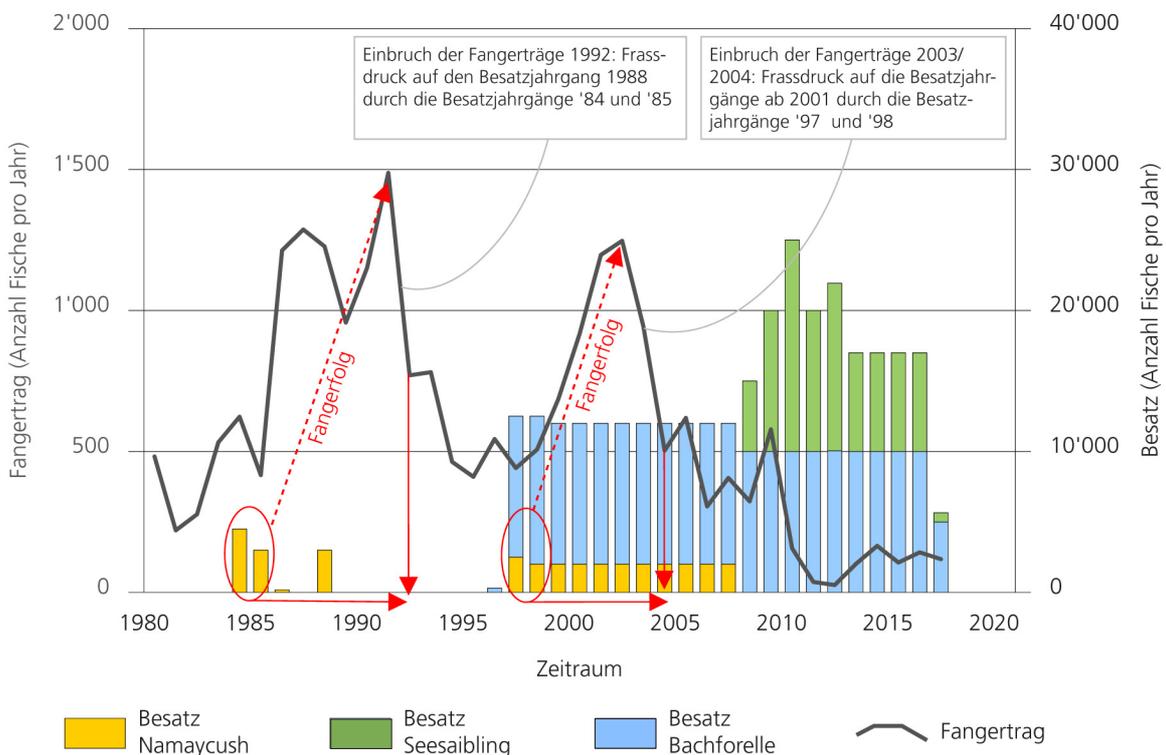
### 3 Fischerei am Fählensee

#### 3.1 Fischarten

Im Fählensee kommen aktuell Bachforellen, Seesaiblinge, Elritzen und Alet vor. Derzeit ist das Vorkommen weiterer Namaycush nicht bestätigt, gilt es aber weiterhin zu beobachten. Elritzen und evtl. auch Alet weisen eine natürliche Reproduktion auf, die natürliche Fortpflanzung der Salmoniden ist eher fraglich.

#### 3.2 Fischfangerträge

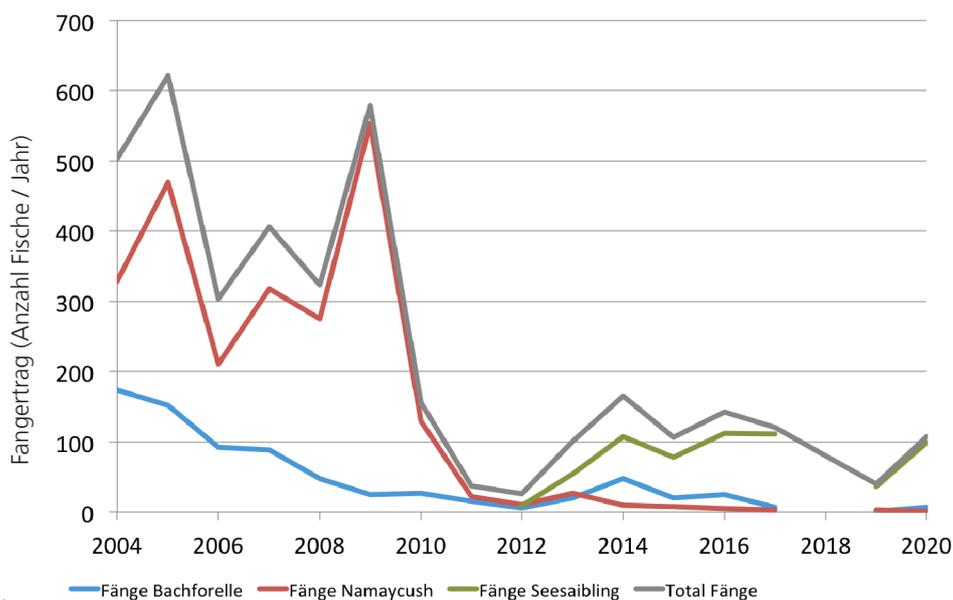
Die Fischfangstatistik weist für den Fählensee im Appenzeller Alpstein über die letzten Jahrzehnte ungewohnt heftige Schwankungen auf: Stark steigende Fangerträge als Folge von intensivem Besatz brachen plötzlich wieder ein. Wie Untersuchungen zeigten, waren die sehr hohen Fangerträge gekoppelt an Besatzmassnahmen von Namaycush (AquaPlus 2019). Erreichten die Raubfische ein Alter von 6 - 7 Jahren, so frassen sie kleinere Fische, wodurch die Fangerträge einbrachen. Dieses Muster des Einbrechens der Fangerträge durch grossen Prädatorendruck konnte mehrmals festgestellt werden (Abb. 3.1). Im letzten Jahrzehnt sind die Fangerträge komplett eingebrochen und liegen nun im Bereich von 100 - 150 Fischen pro Jahr.



**Abb. 3.1: Entwicklung der Fangerträge und Besatzmassnahmen.** Der sprunghafte Anstieg ist jeweils eine Folge des intensiven Besatzes. Der rapide Rückgang wird durch grosse Namaycush verursacht, welche die kleineren fangreifen Fische wegfressen.

In einem ersten Schritt zur fischereilichen Erholung des Gewässers wurden deshalb bei einer Netzbefischung im Herbst 2018 grosse Namaycush abgefischt. Seit her nehmen gemäss Fischern die Fänge von Seesaiblingen zu. Häufig sind es jedoch noch Fische, die das Mindestfangmass nicht erreichen, zudem sind die gefangenen Tiere meist schlecht genährt (persönliche Mitteilung, Ueli Nef, Fischereiverwaltung Kanton Appenzell Innerrhoden).

Die Fänge von Bachforellen blieben trotz verstärktem Besatz seit 1995 immer auf einem sehr tiefen Niveau (Abb. 3.2). Sicherlich hängt dies zum Teil mit dem Räuberdruck durch grössere Namaycush zusammen. Es scheint jedoch, dass sich die Bachforelle im Fählensee nie etablieren konnte.



**Abb. 3.2: Gesamtfangertrag im Fählensee von 2004 bis 2020, sowie für die drei besetzten Fischarten.** (Für das Jahr 2018 liegen keine artspezifischen Fangdaten vor).

### 3.3 Schuppen- und Wachstumsanalyse Seesaibling

Von einem in diesem Jahr gefangenen Seesaibling wurden AquaPlus Schuppen zugestellt, um diese bzgl. Wachstum, Alter und Kondition zu analysieren. Die aus dem Fählensee stammende Seesaiblingschuppe wurde am 31.7.2020 präpariert und analysiert. Es handelt sich um einen am 18.4.2020 gefangenen Seesaibling mit einer Länge von 37 cm und einem Gewicht von 330 g. Die Analyse ergab ein Alter von 4+. Aufgrund der geringen Grösse der Schuppen und der eher undeutlichen Wachstumsringe ist eine Altersbestimmung schwierig. Bei Besatzfischen ist ausserdem der erste Wachstumsring oftmals sehr unklar aufgrund der konstanten Lebensbedingungen in der Fischzuchtanlage. Aufgrund der beobachteten gleichmässigen Wachstumsringe lässt sich jedoch erkennen, dass das Nahrungsangebot im Fählensee mehr oder weniger über das gesamte Jahr konstant ist.

Der Konditionsindex bildet ein Mass für den Ernährungszustand und die Fitness von Fischen. Liegt der Konditionsindex bei 1 entspricht dies erfahrungsgemäss einem guten Ernährungszustand. Höhere und tiefere Werte weisen dagegen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche Fitness hin. Beim Seesaibling aus dem Fählensee lag der Konditionsindex lediglich bei 0.65, was einer schlechten Fitness entspricht und Hinweise auf ein generell geringes Nahrungsangebot des Fählensees gibt. Allerdings fällt das Nahrungsangebot im Frühjahr generell tiefer aus als im Herbst.

Bei der Namaycush-Fangaktion im Fählensee vom Herbst 2018 wurden ebenfalls 3 Seesaiblinge gefangen, wovon zwei Tiere einen geringen Koniditionsindex (0.68 bzw. 0.92) aufwiesen und deren Mageninhalt leer war. Beim dritten Tier war der Index etwas höher (1.40) und im Magen befand sich kürzlich gefressener Seesaiblingsrogen (dies zeigt, dass die Tiere durchaus Laichversuche im See starten).

Ein ebenfalls schlecht genährter Seesaibling konnte bei einem Tauchgang im Sommer 2020 fotografiert werden (Abb. 3.3).



**Abb. 3.3: Seesaibling im Fählensee. Fotografiert bei einem Tauchgang am 25.6.2020. Gut erkennbar ist der gestreckt wirkende, magere Körper des Fisches.** (Foto: Richard Schröter).

### **3.4 Vergleich von Seesaiblingen im Fählensee und mit dem Silsersee**

Bisher existieren wenige Vergleichsdaten, die eine Analyse des Wachstums von Seesaiblingen aus verschiedenen Bergseen möglich machen. Im Rahmen der Netzfischfangaktion im Herbst 2018 für die Entnahme der Namaycush aus dem Fählensee gingen 3 Seesaiblinge ins Netz. Zusammen mit dem im Frühling 2020

gefangenen Seesaibling sind somit aktuelle Daten von 4 Seesaiblingen vorhanden. Die Daten dieser Fische finden sich in Tabelle 3.1. Zum Vergleich sind ebenfalls die Daten von Seesaiblingen aus dem Silsersee dargestellt (Daten entstammen dem Proje Lac). Hierzu ist allerdings nur der Mittelwert aller gefangenen Fische bekannt.

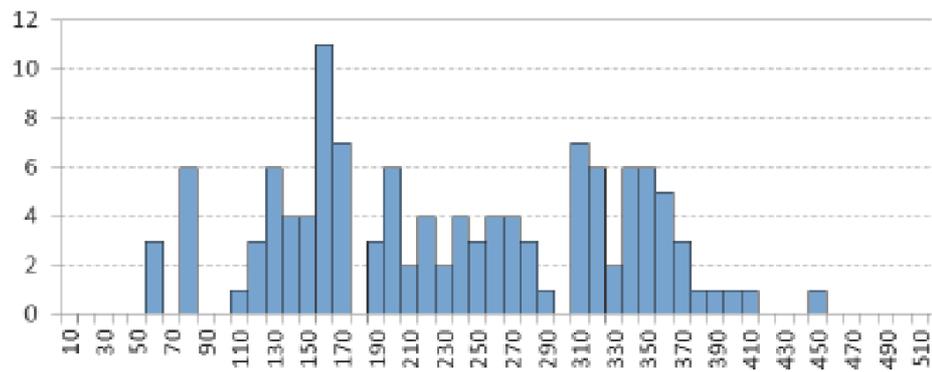
**Tab. 3.1: Vergleich der biometrischen Daten** von gefangenen Seesaiblingen im Fählensee sowie der Mittelwert aller gefangenen Seesaiblinge im Silsersee während des Proje Lac 2012.

Nummer	Fischart	Fangdatum	Fangort	Länge [cm]	Gewicht [g]	Geschlecht	Konditionsindex
1	Seesaibling	20.4.2020	Fählensee	37	330	weiblich	0.65
2	Seesaibling	3.10.2018	Fählensee	34	550	weiblich	1.40
3	Seesaibling	3.10.2018	Fählensee	32	300	männlich	0.92
4	Seesaibling	3.10.2018	Fählensee	28	150	–	1
5	Seesaiblinge (Mittelwert)	1.5.2007	Silsersee	30 (Mittelwert)	215 (Mittelwert)	–	0.8

#### *Exkurs zu den Seesaiblingen im Silsersee*

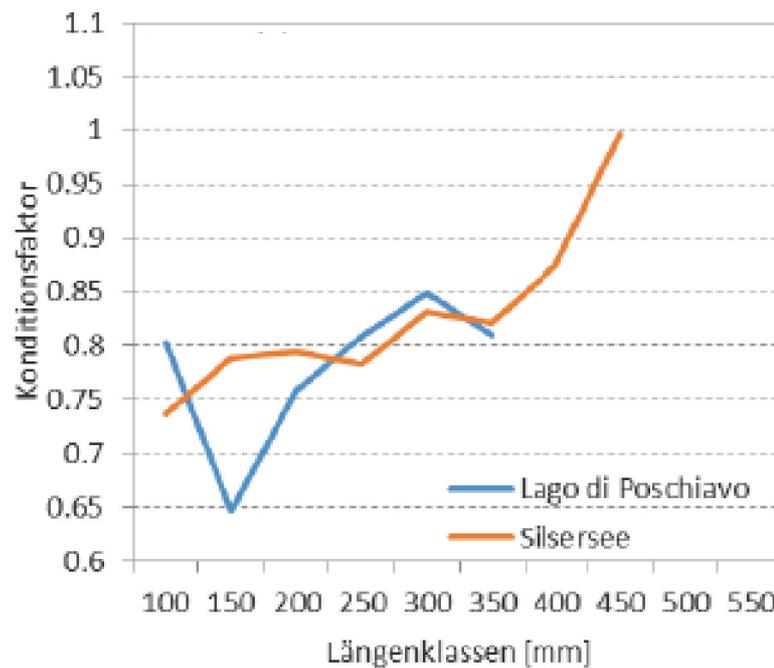
In dem sich in ähnlichen Höhenlagen befindenden Silsersee konnte der Besatz mit Seesaiblingen und Bachforellen gute Erfolge aufweisen, die sich auch natürlicherweise reproduzieren und einen guten Konditionsindex aufweisen. Die Nahrungsgrundlage ist gegenüber dem Fählensee jedoch eine andere. Zudem weist der Silsersee eine geringe organische Belastung auf. Allerdings gehört der Silsersee zu einem der wenigen Bergseen, die hohe Bachforellen- und Seesaiblingsbestände aufweisen.

Im Silsersee besteht die Hauptfutterkomponente der Seesaiblinge im Frühling aus Zuckmücken-Nymphen (Chironomiden), gefolgt von Gammariden. Insgesamt sind die im Freiwasser lebenden Insektenlarven für die Jahreszeit die bedeutendste Futtergrundlage. Im Herbst sind Daphnien die Hauptfutterkomponente. Es konnte beobachtet werden, dass das Längenwachstum der Seesaiblinge während der produktiven Jahreszeit im Sommer (Mai bis Oktober) kaum Veränderungen aufweist. 2007 konnte im Silsersee festgestellt werden, dass gegenüber der Periode 1997–2002 die Zuwachsleistung der Seesaiblinge gesteigert wurde. Alle Jahrgänge sind in ausreichendem Mass vorhanden, was auf eine gute Populationsstruktur hindeutet und wodurch sich eine stabile Population ausbilden kann (Abb. 3.4). Das Schonmass von 24 cm ist daher gerechtfertigt. Die Wachstumsverhältnisse im Silsersee übertreffen die Werte von Seen gleicher Höhenlage, womit ein ausreichendes Nahrungsangebot vorhanden zu sein scheint.



**Abb. 3.4: Längenklassenverteilung der Seesaiblinge im Silsersee** (Quelle: Vonlanthen et al. 2015).

Im Rahmen des Proje Lac wurden im Silsersee im Jahr 2012 Untersuchungen zu den Fischbeständen durchgeführt. Es fiel auf, dass der Silsersee hohe Biomassen aufweist und entsprechend eher grosse Fische im Vergleich zu anderen Schweizer Seen beheimatet. Dies ist auf die hohe Anzahl Salmoniden, insbesondere auch Namaycush, zurückzuführen. Der Silsersee zeichnet sich durch die geringe organische Belastung als nährstoffarmen und kühlen Bergsee aus. Neben dem Silsersee gehört lediglich der Lago Poschiavo zu den Bündner Seen, die einen hohen Forellen- und Seesaiblingbestand aufweisen. Wachstumsanalysen und Altersbestimmungen wurden während den «Proje Lac»-Untersuchungen keine getätigt. Der Konditionsfaktor der Seesaiblinge ist als gut zu bezeichnen, das Längenwachstum übersteigt jedoch die Gewichtszunahme. Der im Rahmen des Proje Lac ebenfalls untersuchte Lago di Poschiavo weist bei den Seesaiblingen zwischen 20 und 35 cm einen ähnlichen Konditionsfaktor auf wie im Silsersee (Abb. 3.5).



**Abb. 3.5: Konditionsindex der Seesaiblinge für verschiedene Grössenklassen im Lago di Poschiavo und Silsersee** (Quelle: Vonlanthen et al. 2015).

### 3.5 Fischlebensräume

Am 25.6.2020 wurden zwei Tauchgänge am Fählensee durchgeführt mit dem Ziel eine Unterwasserdokumentation des Fählensees zu erstellen, Sedimentproben zu entnehmen sowie das Angebot an Fischlebensräumen insbesondere von Laichhabitaten für Salmoniden zu beurteilen (AquaPlus 2020). Zudem wurden gleichzeitig weitere limnologische Untersuchungen durchgeführt, die in einem separaten Bericht behandelt werden. Entlang des nordöstlichen Ufers (Abb. 3.6) waren vier Taucher während einer Stunde und in einer maximalen Tiefe von 19.7 m auf Erkundungstour und hielten ihre Beobachtungen fotografisch fest (Abb. 3.8).



Abb. 3.6: Position des Ein- und Ausstiegs sowie die Route des Erkundungstauchgangs vom 25.6.2020 Hintergrund: Bundesamt für Landestopographie swisstopo.

### Unterwasser - Morphologie

Der Fählensee hat eine trogartig ausgeprägte Morphologie. Durch die Transektbefahrung des Sees mit dem Sonargerät im Juni 2018 konnten auch Daten des Seegrundes aufgezeichnet und bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit ausgewertet werden. Die Darstellung in der Karte (Abb. 3.7) zeigt, dass die beidseits steil zum Seegrund hin abfallenden Seehalden entlang beider Längsseiten aus Felsblöcken und Festgestein bestehen. Der Grund des Sees ist flach ausgeebnet und durch weiche, schlammige Sedimente aufgefüllt.

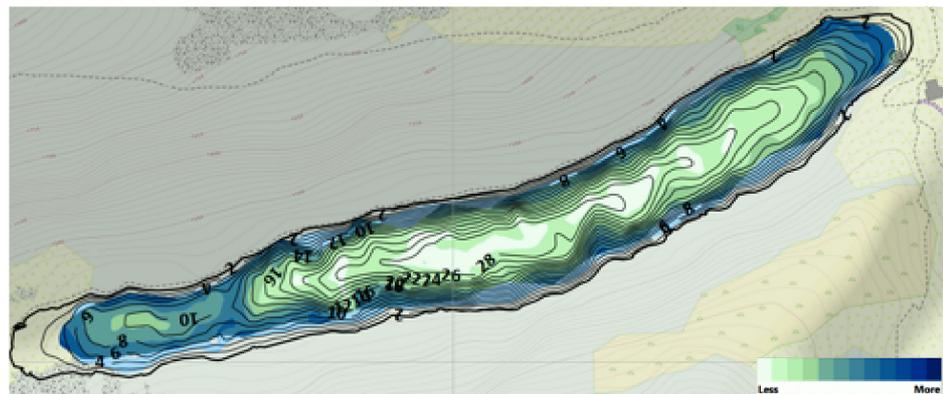


Abb. 3.7: Die Härte des Seegrundes (Bottom hardness) ermittelt aus Daten der Sonarbefahrung vom 7. / 8.6.2018. Die weissen und grünen Töne sind sehr weiche (schlammige) Sedimente. Die Blautöne entsprechen Gestein. Die Isobathen und Zahlen entsprechen der Gewässertiefe.

Der **Seegrund** weist eine starke Überdeckung mit feinem Sediment auf, welches schwarz gefärbt ist, was auf reduzierende (sauerstofflose) Bedingungen schliessen lässt (Eisensulfid). Zudem konnten weisse Bakterienmatten (evtl. Beggiatoacea) beobachtet werden, die die vermuteten anaeroben Abbauprozesse bestätigen. Eine Laichablage für Fische ist in diesem anaeroben Milieu undenkbar.

Die **steileren Seehalden** bestehen aus groben Felsblöcken. In Wassertiefen >10 m waren diese ebenfalls mit Feinsedimenten überdeckt (Abb. 3.8). Bei abnehmender Wassertiefe, zwischen 5 und 10 m, wurden dichte Matten aus fädigen Grünalgen festgestellt.

Im **Flachwasserbereich** besteht die Gewässersohle aus Grob- und Feinkies mit teilweise grösseren Blöcken (Abb. 3.8). Auch hier kamen Grünalgen sowie geringe Makrophytenbestände vor. Für gewisse Fischarten könnten die Flachuferbereiche als Laichplatz dienen. Beispielsweise für die Elritzen, deren natürliche Fortpflanzung im Fählensee zu funktionieren scheint. Die Flachwasserbereiche wiesen auch nur eine geringe Verschlammung, aber eine deutliche Veralgung der Sohle auf. Salmoniden wie Seesaiblinge, die sich bevorzugt in der Halde aufhalten sowie Forellen, die zur Laichablage in Zu- und Abflüsse einsteigen und ein gut durchströmtes Interstitial benötigen, finden am Fählensee kaum geeignete Laichareale vor.



**Abb. 3.8: Untergrundbeschaffenheit im Fählensee: Oben links: Nahaufnahme des anaeroben Seegrundes, welcher mit Bakterienmatten bewachsen ist; Oben rechts: Felsblöcke mit Feinsedimentablagerungen in Wassertiefen >10 m; Unten links: Felsblöcke mit Grünalgenmatten in 5 - 10m Wassertiefe; Unten rechts: Flachwasserbereiche mit grösseren Blöcken.** (Bilder: AquaPlus und Richard Schröter).

### **Flora**

Makrophyten, die gewissen Krautlaichern als Laichplatz dienen, kommen im Fählensee nur in geringen Dichten in einem Tiefenbereich von 0 - 3 m vor (Abb. 3.9). Diese setzen sich hauptsächlich aus Zwerg-Laichkraut, Armleuchteralgen und Wasserhahnenfuss zusammen. In grösseren Wassertiefen dominieren Grünalgen insbesondere in einem Bereich zwischen 3 - 5 m (Abb. 3.9). Zwischen 5 und 10 m konnten nur noch dichte Grünalgenmatten festgestellt werden. Unterhalb 10 m waren kaum noch fädige Grünalgen und Makrophyten vorhanden.



**Abb. 3.9:** Makrophyten (gewöhnliches Zwerg-Laichkraut) in einer Wassertiefe von 2 m und dichte Grünalgenmatten in einer Wassertiefe von ca. 5 m. (Bild 1: AquaPlus; Bild 2: Richard Schröter).

### **Fauna**

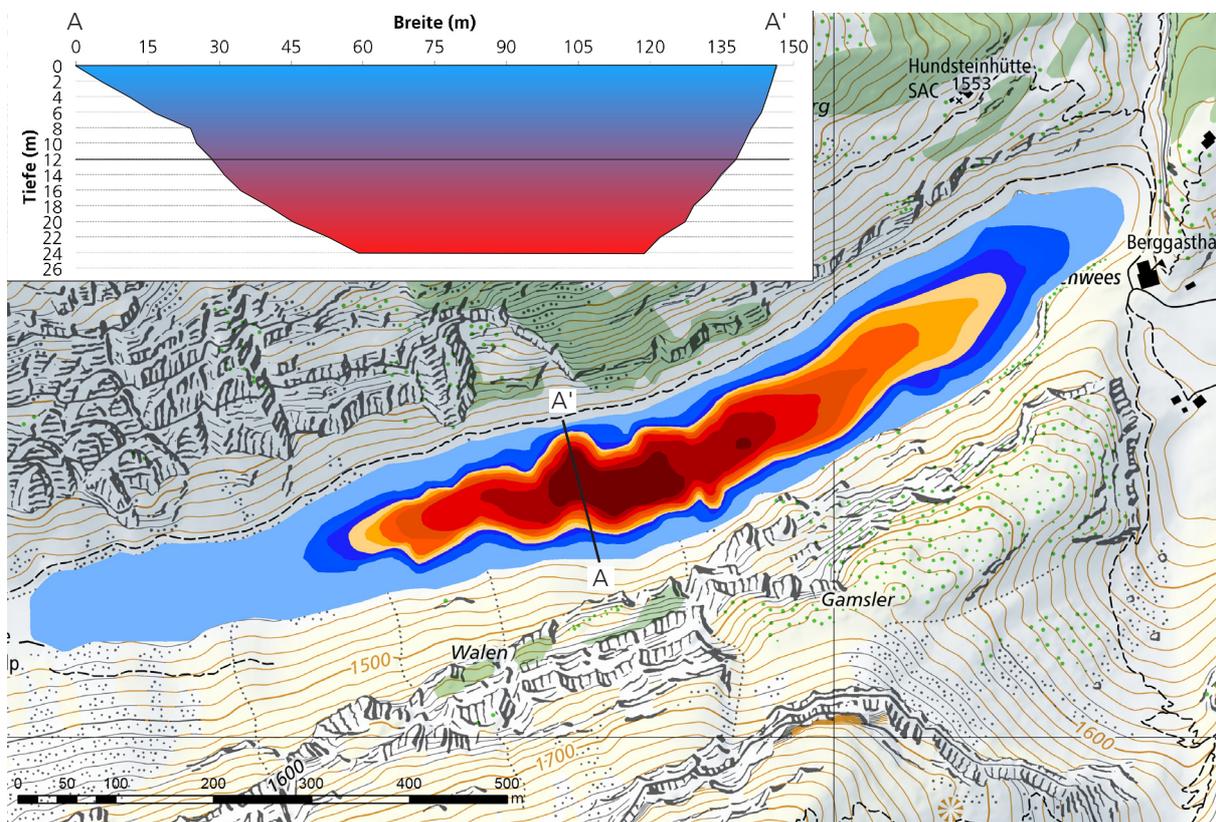
Im Tiefenbereich von 0 - 3 m wurden Elritzen in Schwärmen von teilweise über 100 Individuen festgestellt (Abb. 3.10). Ein Seesaibling mit 20 - 25 cm Körperlänge und einer schlechten bis mässigen Kondition wurde zwischen 0 - 5 m Wassertiefe gesichtet. Ebenso kamen Schlamm Schnecken mit deren Gelege vor (Abb. 3.10). Unterhalb 10 m konnten keine Fische beobachtet werden. Benthische Insektenlarven, die insbesondere jungen Salmoniden als Hauptnahrung dienen, konnten nicht vorgefunden werden, was aufgrund der Feinsedimentablagerungen auf dem Seegrund nicht weiter erstaunlich - für ein fischereiliches Management des Sees jedoch bedeutend ist.



**Abb. 3.10:** Elritzenschwarm im Flachwasser sowie Schlamm Schnecken bei der Paarung (Bilder: Richard Schröter).

## 4 Gewässerzustand

Weitere Untersuchungen des Sees zeigen, dass das Gewässer auch einen ungewöhnlich **hohen Nährstoffgehalt** aufweist. Die Menge des für die Primärproduktion entscheidenden Phosphats liegt im Fählensee sowohl im Wasser als auch im Seesediment markant über dem, was in einem Bergsee zu erwarten wäre. Das Gewässer liegt deutlich im mesotrophen Bereich und entspricht somit eher einem Mittellandsee. Der erhöhte Nährstoffgehalt bewirkt eine hohe Primärproduktion. Durch den Abbau von abgestorbener Biomasse kommt es im See während den Stagnationsphasen im Sommer und im Winter zu grossen sauerstofffreien Zonen, in denen Leben für Fische nicht mehr möglich ist. In Abbildung 4.1 ist die **Sauerstoffarmut (< 4 mg/l, unterhalb von 10.5m)** bis Sauerstofflosigkeit (< 0.5 mg/l, unterhalb 12 m) des Fählensees für eine Messung vom 21.8.2018 dargestellt. Rund 38 % des Seegrundes und 37 % des Seevolumens waren zu diesem Zeitpunkt von Sauerstofflosigkeit betroffen.



**Abb. 4.1: Sauerstoffarmut im Fählensee auf dem Seegrund und in der Wassersäule.** Die Gelb- und Rottöne in der Situationsansicht geben die Tiefe des Seegrundes wieder, welcher am 21.8.2018 nicht mehr von sauerstoffhaltigem Tiefenwasser bedeckt war. Zum Zeitpunkt der Messung waren demnach 38% des Seegrundes von Sauerstofflosigkeit betroffen. Die Blautöne stehen für Seetiefen > 12m, welche noch einen Sauerstoffgehalt > 4 mg/l aufwiesen. Im Querprofil wird das von der Sauerstoffarmut und Sauerstofflosigkeit betroffene Seevolumen (Rottöne; 37% des Seevolumens) ersichtlich. (Quelle Bathymetrie: Glur et al, 2009). Darstellung aus: AquaPlus, 2018c.

Die Herkunft des hohen Nährstoffgehaltes konnte noch nicht abschliessend beantwortet werden. Bis ins Jahr 2002 wurde vom Bergrestaurant Bollenwees Ab-

wasser via Kleinkläranlage in den See eingeleitet. Seit dem Anschluss an die öffentliche Kanalisation existiert diese Quelle nicht mehr. Als zweiter Eintragspfad gilt die Landwirtschaft. Auch wenn diese nur extensiv betrieben wird, so hat die Alpsommerung sicherlich einen Einfluss auf die Nährstoffversorgung des Sees. Durch die geringmächtigen Böden und den karstigen Untergrund wird nährstoffhaltiges Wasser relativ rasch in den See eingetragen, ohne dass phosphatbindende Reaktionen im Boden (Sorptionsprozesse) greifen würden. Die aktuell bedeutendste Quelle von Phosphor liegt jedoch im See selber. Im Seesediment finden sich enorm hohe Konzentrationen an Gesamtphosphor. Unter Sauerstoffabschluss kann dieser Phosphor in den See rückgelöst werden, wodurch ein Teufelskreis entsteht: Durch die Rücklösung steht mehr Phosphor für das Wachstum von Biomasse zur Verfügung, stirbt diese ab, verbraucht die Zersetzung viel Sauerstoff in tieferen Wasserschichten, was zur Sauerstoffarmut führt. Infolgedessen lagert sich die abgebaute Biomasse im Sediment ab und der Phosphor wird bei Sauerstofflosigkeit wieder in die Wassersäule rückgelöst.

Neben dem untypischen Nährstoffgehalt des Sees und der Sauerstoffarmut zeigte sich bei den Tauchuntersuchungen im Sommer 2020 auch, dass der Seegrund praktisch komplett veralgt und auch die seitlichen Halden stark verschlammt sind. Als Folge fehlen auch typische Fischnährtiere, wie etwa Insektenlarven. Auch die Verschlammung des Sees ist wohl eine Folge des überhöhten Nährstoffgehalts.

## 5 Nahrungsbeziehungen und Besatzstrategien

### 5.1 Natürliche Nahrungspyramide

Die natürliche Nahrungspyramide eines Bergsees besteht aus Primärproduzenten, die sich mehrheitlich aus Wasserpflanzen (Makrophyten) und Algen (Phytoplankton) zusammensetzen. Diese stellen die pflanzliche Biomasse (100 %) in einem Ökosystem dar. Von ihnen ernähren sich die Pflanzenfresser (Primärkonsumenten) wie beispielsweise Wasserflohkrebse oder andere benthische Insekten (Zoobenthos). Auf dieser ersten Konsumentenstufe entstehen aus der pflanzlichen Biomasse noch 10 % tierische Biomasse. Die Pflanzenfresser werden von den Fleischfressern (Sekundärkonsumenten) wie Fischen aufgeessen. Auf der zweiten Stufe bleibt nur noch 1 % der ursprünglichen pflanzlichen Biomasse übrig. Wird der Sekundärkonsument von einem weiteren Fleischfresser gefressen, gilt dieser als Tertiärkonsument (Abb. 5.1). Somit werden für das Heranwachsen eines 4 kg schweren Raubfisches (Namaycush, Bachforelle, Seesaibling) 40'000 kg Algen benötigt, die von 4'000 kg benthischen Insekten umgesetzt werden und wiederum von 400 kg Klein- oder Jungfischen. Das letzte Glied der Nahrungskette wird als Endkonsument bezeichnet und ist in diesem Falle der Fischer, (Haubentaucher, Kormoran oder andere Fressfeinde kommen im Fählensee kaum vor).

Durch mehrfache Jäger-Beute-Beziehungen entsteht ein komplexes Nahrungsnetz. Fehlt ein Glied der Nahrungskette, kann dies massive Auswirkungen auf die weiteren Stufen der Nahrungspyramide haben. Bakterien und Pilze bauen am Seegrund tote Biomasse von abgestorbenen Pflanzen und Tieren in Kohlenstoffdioxid und Mineralstoffe um. Sie werden als Destruenten bezeichnet. Im Frühjahr und Herbst werden diese Stoffe während der Zirkulationsphase nach oben gespült, wo Pflanzen wieder neue Biomasse daraus produzieren können.

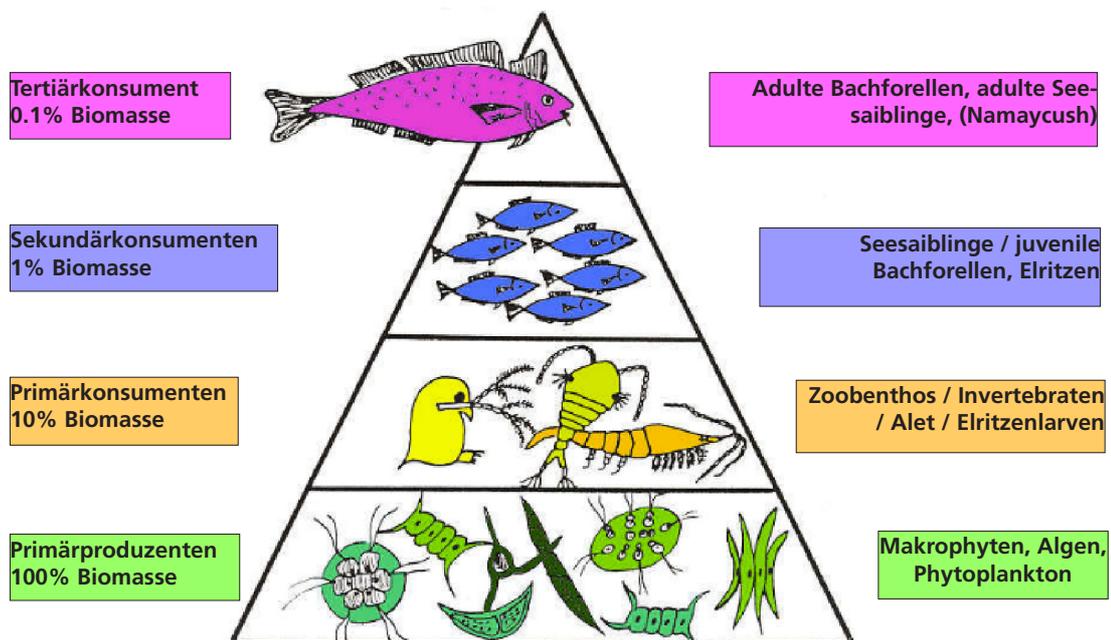
### 5.2 Rückschlüsse zur Nahrungspyramide im Fählensee

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen weisen darauf hin, dass der Fählensee auf Grund der ökologischen Besonderheiten wenige benthische Primärkonsumenten (wie beispielsweise Insektenlarven) aufweist. Durch die Verschlammung und Veralgung des Gewässerbettes besteht kaum Lebensraum für Insektenlarven. Bei den Tauchuntersuchungen wurden entsprechend keine benthischen Insektenlarven gefunden. Über die Dichte und jahreszeitliche Häufigkeit des Zooplanktons liegen keine ausreichenden Informationen vor.

Das fast komplette Fehlen der benthischen Primärkonsumenten ist bedeutend für die auf den Primärkonsumenten aufbauende Nahrungspyramide im See: Es ist wahrscheinlich, dass ein bedeutender Teil der Biomasse von Primärproduzenten (z.B. von Makrophyten und benthischen Algen) nicht den Weg in die Hierarchie der Nahrungspyramide findet, sondern aufgrund fehlender Primärkonsumenten durch Destruenten wieder in Mineralstoffe abgebaut werden. Für den mengenmäßig bedeutenden Teil an Biomasse aus Phytoplankton besteht sicherlich eine weitere Verwertungsebene durch zooplanktische Primärkonsumenten. Von den im Fählensee vorkommenden Arten fressen jedoch nur die juvenilen Seesaiblinge

Zooplankton (früher auch juvenile Namaycush) und - begrenzt auf ihre geringen Verbreitungsbereiche entlang der Ufer auch Elritzen. Andere Fischarten wie die Bachforelle sind auf das Vorhandensein benthischer Invertebraten angewiesen. Das geringe Vorkommen an benthischen Invertebraten (Primärkonsumenten) ist entsprechend bedeutsam für die weiteren Nahrungsebenen. Um ein fischereilich attraktives Gewässer zu schaffen wäre somit eine Möglichkeit, Fischarten zu fördern, welche sich von den (planktischen) Primärproduzenten ernähren. Damit könnte die Biomasse, welche von den fischereilich interessanten (Raub-)fischen gefressen werden, erhöht werden. Würden sich weitere Primärkonsumenten im Fählensee befinden, die sich hauptsächlich von pflanzlicher Nahrung ernähren würden, könnten die Primärkonsumenten (Benthos) entlastet werden.

Eine Abschätzung der pflanzlichen Biomasse des Phytoplanktons - auf welcher ein Grossteil der Nahrungspyramide aufbaut wurde bisher noch nicht gemacht.



**Abb. 5.1: Mögliche Nahrungspyramide in einem aquatischen Ökosystem wie dem Fählensee:** vom Räuber werden immer nur 10 % der aufgenommenen Energie für das eigene Wachstum verwendet. Entsprechend gross ist der benötigte Biomassebedarf. Es fehlt an Primärkonsumenten welche ein Heranwachsen von grossen Seesaiblingen und Forellen ermöglicht.

Die Nahrungspyramide am Fählensee wird / wurde zusätzlich manipuliert durch Besatzmassnahmen. Diese bringen im Fählensees die entsprechende Nahrungspyramide aus dem Gleichgewicht. Durch den Besatz von Bachforellen und Seesaiblingen werden die Sekundärkonsumenten künstlich erhöht, der Bedarf an Primärkonsumenten sowie pflanzlicher Biomasse steigt entsprechend, die Nachfrage kann somit nicht mehr genügend gedeckt werden. Dies widerspiegelt sich auch an den teilweise unterernährten, gefangenen Seesaiblingen. Ende 2018 wurden die Besatzmassnahmen bis zur Weiterentwicklung eines fischereilichen Managements vorerst eingestellt.

### 5.3 Artenportraits und Beurteilung für den Fählensee

#### ***Bachforelle (*Salmo trutta fario*)***

##### *Allgemein*

Bachforellen gehören zu der Familie der Salmoniden und sind weltweit verbreitet. Sie können eine Länge von bis zu 110 cm erreichen und bis zu 18 kg schwer werden. Die durchschnittliche Länge beträgt jedoch 20–35 cm mit einem Gewicht von 200–500 g. Sie sind nachtaktiv und leben einzelgängerisch.

##### *Lebensraum*

Bachforellen sind äusserst empfindlich gegenüber Gewässerverunreinigungen. Sie besiedeln saubere, kalte (max. 20°C) und sauerstoffreiche Gewässer. Sie können sowohl in Fliessgewässern als auch in Seen der Alpen und Voralpen vorkommen. Bachforellen, die im See leben, werden als Seeforellen bezeichnet. Sie werden oftmals grösser und schwerer als die im Fliessgewässer lebende Bachforelle. Dennoch sind sie darauf angewiesen fürs Laichgeschäft in ein Fliessgewässer auf- bzw. manchmal auch abzustiegen. Da sie sehr scheu sind, benötigen sie Strukturen wie Totholz, grössere Steinblöcke, Kolke, unterspülte Ufer oder überhängende Vegetation als Verstecke.

##### *Fortpflanzung*

Als standorttreuer Fisch, verlassen sie ihre bekannte Umgebung nur zur Laichzeit, in welcher sie meistens flussaufwärts mehrere km zurücklegen auf der Suche nach geeigneten Laichplätzen. Die Laichzeit erstreckt sich zwischen Oktober und Januar, in der sie flache Nebengewässer mit mässiger Strömung (Riffle) und lockerer Kiessohle aufsuchen für die Laichablage. Die weiblichen Bachforellen schlagen Laichgruben mit einem Durchmesser von ca. 50 cm in den Kies, in die sie dann zwischen 1000 und 1500 erbsengrosse, gelblich bis orangefarbene Eier legen. Nach der Besamung durch das Männchen werden die Eier mit Kies wieder bedeckt. Nach 2.5–4 Monaten (je nach Wassertemperatur) schlüpfen die jungen Bachforellen. Anfangs ernähren sich diese aus dem Dottersack. Mit 3 bis 4 Jahren werden die Bachforellen geschlechtsreif.

##### *Nahrung*

Bachforellen ernähren sich hauptsächlich von benthischen Insekten und Anflughahrung. Manche Forellen spezialisieren sich auf kleine Fische z.B. Groppen oder Elritzen oder neigen gar zum Kannibalismus.

Bachforellen aus Zuchtanlagen haben häufig den Nachteil, dass ihnen Räuberdruck nicht bekannt und die grössten Tiere deshalb auch die Unvorsichtigsten sind. Dies rächt sich dann bei einem Besatz in Gewässern mit grösseren Räufern.

*Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Die Bachforelle wird seit 1996 im Fählensee besetzt. Von 1997 bis 2016 wurden jeweils mindestens 10'000 Brütlinge besetzt. Ab 2004 bestehen artspezifische Fangdaten für die Bachforelle. Trotz des konstant hohen Besatzes nahm der Fang der Art zwischen 2004 und 2020 konstant ab: Lagen die Fänge 2004 noch bei fast 180 Stück / Jahr, so pendelte sich der Fangertrag in den letzten 10 Jahren zwischen 20 und 40 Stück / Jahr ein. Auch anteilmässig schrumpften die Bachforellen am jährlichen Gesamtfang von 34% (2004) auf 6% (2017).

Gemäss Aussagen erfahrener Fischer am See sind immer wieder stattliche Forellen vom Ufer aus zu sehen, allerdings seien diese schwer zu fangen. Auch bei der Befischung im Herbst 2018 zeigte die gefangene Bachforelle eine sehr gute Kondition.

Die schlechten Fangergebnisse bei der Bachforelle können eine Folge des starken Räuberdruckes durch die grossen Namaycush und / oder des oben beschriebenen furchtlosen Verhaltens von Zuchtfischen sein. Allenfalls setzte der Bachforelle im Fählensee zusätzlich der Besatz mit Seesaiblingen zu (vgl. Abb. 5.2).

**Die geringe Verfügbarkeit von Makrozoobenthos als Hauptnahrungsquelle für die Bachforelle im Fählensee, die Sauerstoffarmut zu gewissen Jahreszeiten und fehlende Laichhabitats sind bedeutende Einschränkungen für eine erfolgreiche nachhaltige fischereiliche Nutzung der Art.**



**Abb. 5.2: Entwicklung von Besatz und Fängen von Bachforelle und Seesaibling im Fählensee ab 1996.** (Angaben zu den gefangenen Fischarten liegen seit 2004 vor).

### **Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*)**

#### *Allgemein*

Die Regenbogenforelle gehört in die Familie der Salmoniden. Die aus Nordamerika stammende Art wurde ab Mitte des 19. Jahrhunderts in Europa gezüchtet und sowohl in Fließgewässern als auch Bergseen eingesetzt. Der Besatz der amerikanischen Regenbogenforelle ist in der Schweiz seit 1994 nur noch in Fischzuchtanlagen und Berg- oder alpinen Stauseen, bei welchen keine Abwanderungsmöglichkeit besteht, erlaubt. Regenbogenforellen sind sehr schnell wüchsig und weisen nur eine geringe Sterblichkeitsrate auf, weshalb sie als Zuchtfisch in Aquakulturen sehr beliebt sind. Sie können eine Länge von 120 cm und ein Gewicht von über 25 kg erreichen. Die durchschnittliche Länge beträgt 35–50 cm mit einem Gewicht von einem Kilo. Lediglich die juvenilen Regenbogenforellen leben als Schwarmfische, adulte Tiere sind Einzelgänger und bilden Reviere.

#### *Lebensraum*

Regenbogenforellen sind gegen Wasserverunreinigung empfindlicher als Bachforellen, stellen jedoch geringere Ansprüche an den Sauerstoffgehalt und die Wassertemperatur. Kurzfristig kann sie auch Temperaturen von bis 27°C tolerieren. In Fließgewässern bevorzugen Regenbogenforellen die freie Strömung in der Flussmitte, tiefe Rinnen und Turbulenzen, in stehenden Gewässern in mittleren Tiefen und in der Nähe von Bacheinläufen oder Grundquellen. Im Gegensatz zur Bachforelle ist die Regenbogenforelle nicht standorttreu.

#### *Fortpflanzung*

Die Geschlechtsreife wird mit 2 bis 3 Jahren erreicht. Die Laichzeit beginnt bei Wassertemperaturen von 6–7°C zwischen Ende November und Mai. Während ihrer Laichwanderung sucht die Regenbogenforelle – analog zur Bachforelle sauerstoffreiche Gewässern mit Kiessohle, in der Nähe von Schnellen und Kolken auf. In Europa laichen Regenbogenforellen jedoch nur sehr selten.

#### *Nahrung*

Regenbogenforellen ernähren sich natürlicherweise von Anfluginsekten, kleinen Amphibien und benthischen Insekten sowie kleinen Fischen. Im Gegensatz zur Bachforelle ist sie nicht wählerisch und nimmt auch Kunstfutter an. Ihr Raubverhalten ist allerdings bedeutend aggressiver als bei der Bachforelle.

#### *Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Die Regenbogenforelle kommt bisher im Fählensee nicht vor. Bezüglich Nahrung und Laichanforderungen hat sie jedoch dieselben Einschränkungen wie die Bachforelle.

### ***Seesaibling (Salvelinus umbla)***

#### *Allgemein*

Seesaiblinge sind der Familie der Salmoniden zuzuordnen. Der aus Europa stammende Fisch kommt in tiefen alpinen und subalpinen Seen vor und erreicht eine Maximallänge von 75 cm. Aufgrund des sehr langsamen Wachstums können Seesaiblinge ein Lebensalter von 40 Jahren erreichen, im Durchschnitt werden sie jedoch bis zu 22 Jahre alt. Grösse und Gewicht hängen überwiegend vom Nahrungsangebot des Gewässers ab.

#### *Lebensraum*

Seesaiblinge entwickeln in verschiedenen Seen unterschiedliche Lebensgewohnheiten. Im Allgemeinen haben Seesaiblinge einen hohen Anspruch an die Wasserqualität. Sie benötigen klares, kaltes, sauerstoffreiches Wasser und halten sich bevorzugt in tiefen Wasserzonen auf. Gegenüber der Wassertemperatur ist der Seesaibling einer der am besten angepassten Fische für Bergseen, da er bis zum Gefrierpunkt aktiv ist. Auf höhere Wassertemperaturen reagiert er hingegen sehr empfindlich. Temperaturen über 12° C sind für den Laich, 21–22° C für adulte Fische letal. Die Sauerstoffgrenze liegt zwischen 1.5 und 6 mg pro Liter.

#### *Fortpflanzung*

Während der Laichzeit nehmen die Milchler eine intensiv rote Färbung an Bauch sowie Brust- und Afterflossen an. Es werden Ufer- und Grundlaicher unterschieden. Uferlaicher laichen von September bis Januar, Grundlaicher im Sommer von Juli bis August bevorzugt in der Nähe von Quellaustritten. Je nach Laichtyp laichen die Tiere in unterschiedlichen Wassertiefen zwischen 30 und 120 m auf kie-sigem bis steinigem Substrat. Männliche Seesaiblinge sind grundsätzlich sehr territorial ausser während der Fortpflanzungszeit, wenn Weibchen in männliche Territorien eindringen auf der Suche nach einem geeigneten Laichplatz. Das Weibchen gräbt die Laichgrube und deckt diese nach der Eiablage und Befruchtung wieder zu bevor sie weitere Laichgruben schlägt.

#### *Nahrung*

Seesaiblinge haben ein breites Beutespektrum. Juvenile Seesaiblinge ernähren sich hauptsächlich von Plankton. Ältere Tiere fressen auch Insektenlarven, Mollusken, Wasserflohkrebse und kleine Fische.

#### *Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Durch die Analyse von Schuppen, Längen- und Gewichtsangaben von Seesaiblingen und die Berechnung des Konditionsindex (vgl. Abschnitt 3.3) mittels weniger Exemplare, liegt die Vermutung nahe, dass diese Fische im Fählensee eine ungenügende Nahrungsgrundlage vorfinden. Für eine stichhaltige Aussage diesbezüglich müssten sicherlich Daten weiterer Fische vorliegen. Insbesondere bei den adulten Seesaiblingen besteht eine Nahrungskonkurrenz zu den Bachforellen und

(früher) Namaycush. Evtl. liegt die schlechtere Kondition der Seesaiblinge darin begründet, dass geeignete Uferhabitate von den anderen Fischarten besetzt sind oder sie in der direkten Futterkonkurrenz unterlegen sind. Hinzu kommt, dass der Seesaibling gerne tiefere Bereiche im See aufsucht. Durch die Sauerstoffarmut in tieferen Seebereichen ist dies im Fählensee häufig nicht möglich. Im Vergleich zur Bachforelle sind die Seesaiblinge gemäss Statistik jedoch fängiger - und dies auch im Vergleich zu den Besatzzahlen.

Derzeit besteht für Seesaiblinge noch ein **Mindestfangmass von 30 cm** - dies aufgrund der Fortpflanzung. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Seesaiblinge im Fählensee keine geeigneten Laichbedingungen vorfinden und sich die Art im See nicht selbst erhalten kann. Das Mindestfangmass kann u.E. deshalb aufgehoben werden.

### ***Kanadischer Seesaibling (Salvelinus namaycush)***

#### *Allgemein*

Der Kanadische Seesaibling (umgangssprachlich als Namaycush bezeichnet) ist eine aus Nordamerika stammende Fischart, welche in kalten, tiefen und sauerstoffreichen Seen zu Hause ist. Die Fischart kann sehr alt werden (maximales Alter von 50 Jahren), durchschnittlich 50 cm lang und bis über 40 kg schwer.

#### *Lebensraum & Fortpflanzung*

Der Namaycush hält sich in den Sommermonaten gerne in den tieferen und kälteren Bereichen von Bergseen auf. In der kälteren Jahreszeit ist der Fisch weiter oben zu finden. Zum Laichen benötigt der Fisch kiesige Untergründe mit guter Sauerstoffversorgung.

#### *Nahrung*

Der Amerikanische Seesaibling ernährt sich von Plankton und Wirbellosen. Ab einer gewissen Grösse (häufig ab 6. - 7. Altersjahr) stellt er seine Nahrung auf Fische um. Es gibt auch Habitate in welchen sich die Namaycush stets von Plankton ernähren. Diese Tiere bleiben jedoch relativ klein.

#### *Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Der Namaycush ist die Art, welche im Fählensee erstmals 1969 und zwischen 1983 und 2007 regelmässig besetzt wurde. Die Fischart führte zu einem sprunghaften Anstieg der Fangerträge im Fählensee. Leider gingen die Fangerträge aber auch genauso schlagartig wieder zurück. Grund dafür ist wohl der Frassdruck der grossen Namaycush auf kleinere Tiere (vgl. Abschnitt 3.2).

### ***Rotfeder (Scardinius erythrophthalmus)***

#### *Allgemein*

Die Rotfeder gehört in die Familie der Cypriniden, der Karpfenartigen. Sie kann über 40 cm lang werden, die Durchschnittslänge liegt jedoch bei 20–35 cm. Maximal können Rotfedern bis 2.1 kg schwer werden. Rotfedern kommen in ganz

Europa vom Ural bis zu den Pyrenäen vor. Es handelt sich um einen tagaktiven Schwarmfisch, der äusserst schreckhaft auf äussere Störungen reagiert. Das Wachstum ist relativ langsam.

#### *Lebensraum*

Rotfedern leben als Schwarm in nährstoffreichen, stehenden (Seen, Teiche, Weiher), langsam fliessenden Gewässern und Brackwasserregionen (Ostsee). In der Schweiz findet man Rotfedern bis 1'800 m.ü.M. Rotfedern sind gegenüber niedrigen Sauerstoffkonzentrationen oder anderen ungünstigen Umweltbedingungen relativ unempfindlich. Ihre Verbreitung ist stark an Wasserpflanzen gebunden, einerseits als Deckung, andererseits als Laichsubstrat und Nahrungsgrundlage. Ruhige Zonen mit dichter Ufervegetation und weichem, schlammigen Seegrund werden bevorzugt. Im Sommer hält sich die Rotfeder in Schwärmen im Mittelwasser bis knapp unter der Oberfläche auf, im Winter zieht sie sich ins tiefere Wasser zurück und reduziert den Stoffwechsel.

#### *Fortpflanzung*

Die Laichzeit findet von April bis Mai/Juni bei Wassertemperaturen von 18–20° C statt. In flachen und dicht bewachsenen Uferbereichen laichen die 3–4 jährigen Rotfedern schwarmweise auf Wurzeln oder submersen Pflanzen ab. Die Weibchen kleben dabei ihre Eier an Wasserpflanzen. Nach 3–10 Tagen schlüpfen die Larven, die sich bis zum Aufbrauchen des Dottersacks an Wasserpflanzen anheften. Im ersten Lebensjahr bilden sie riesige Schwärme im Uferbereich.

#### *Nahrung*

Überwiegend ernährt sich die Rotfeder von Algen und weichen Teilen von Wasserpflanzen (Laichkräuter, Tausendblatt, Wasserpest, usw.). Seltener werden Wirbellose der Uferzone gefressen.

#### *Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Die Rotfeder kommt im Fählensee nicht vor. Im Unterschied zu den vorkommenden Salmoniden ist das Nahrungsspektrum der Rotfeder zu einem grossen Teil pflanzlicher Art. Sie könnte im See dadurch eine unbesetzte Nische füllen und allenfalls auch als Nahrungsgrundlage für grössere Raubfische dienen - womit das enge Nahrungsangebot ergänzt werden könnte. Die geringen Wassertemperaturen im See, die winterliche Sauerstoffarmut in der Seetiefe und der geringe Bewuchs mit Wasserpflanzen sind jedoch eher Aspekte, welche einem nachhaltigen Bestand von Rotfedern widersprechen.

#### ***Elritze (*Phoxinus phoxinus*)***

##### *Allgemein*

Die Elritze ist ein kleiner Süsswasserfisch aus der Familie der Cypriniden. Sie wird 10 bis maximal 14 cm (Weibchen) bzw. 7–10 cm (Männchen) lang und lebt in

sehr grossen Schwärmen. Das Verbreitungsgebiet ist in Mitteleuropa bis nach Asien.

#### *Lebensraum*

Elritzen kommen vor allem in flachen, klaren und sauerstoffreichen Gewässern mit viel Strömung und kiesigem Untergrund vor. Allerdings können sie auch in Hochalpenseen bis 2'000 m.ü.M. und im Brackwasser vorkommen. Bevorzugt halten sich Elritzenschwärme an der Wasseroberfläche in der Nähe ihrer Verstecke (Wurzeln, Steine, dichte Wasserpflanzen etc.) auf. Sie sind ein Indikator für die Gewässergüte, ihr Verschwinden hat oftmals mit der sich verschlechterten Wasserqualität zu tun.

#### *Fortpflanzung*

Von April bis Juli wandern Elritzen in Schwärmen bachaufwärts und suchen flache, kiesige, gut durchströmte und sauerstoffreiche Gewässerabschnitte auf. Die klebrigen Eier werden an auf den Steinen der Gewässersohle angeklebt. Nach 4 bis 8 Tagen schlüpfen die Larven, die äusserst lichtscheu sind und sich zwischen den Steinen verbergen. Die Geschlechtsreife wird nach zwei Jahren erreicht.

#### *Nahrung*

Larven ernähren sich vorwiegend von feinem Plankton, juvenile und adulte Elritzen fressen Insektenlarven, Bachflohkrebse, Fischlaich, Mollusken, Algen und Anflugnahrung auf der Wasseroberfläche.

#### *Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Die Elritzen leben in Schwärmen entlang der Flachufer des Fählensee. Ihre Herkunft ist unklar. Die Art kann sich im Fählensee jedoch selbst erhalten und konnte sich offenbar auch dem starken Räuberdruck entziehen.

### ***Alet (*Squalius cephalus*)***

#### *Allgemein*

Der Alet, Döbel oder Aitel genannte Cyprinide kann bis 70 cm lang werden und 5 kg schwer. Durchschnittlich beträgt seine Körperlänge jedoch 30–50 cm. Alet sind in ganz Europa weit verbreitet, ausser in Schottland, Irland und dem Norden Skandinaviens. Alet reagieren relativ sensibel gegenüber Gewässerverschmutzungen und können als Indikator für unbelastetes Bach- oder Flusswasser herbei gezogen werden. Sie tolerieren höhere Wassertemperaturen bis 26°C. Der Alet kann als Wirt für die Bachmuschel dienen.

#### *Lebensraum*

Alet leben natürlicherweise in schnell fliessenden Bächen und Flüssen sowie auch in Seen, die von Flüssen durchflossen werden, in aufgestauten Bereichen oder gar Entwässerungsgräben. Während juvenile Alet in grösseren Schwärmen in der

Nähe der Wasseroberfläche unterwegs sind, leben adulte Alet als Einzelgänger oder in kleinen Gruppen von 10 Tieren in tieferen strömungsberuhigten Bereichen hinter Steinen.

#### *Fortpflanzung*

Die Geschlechtsreife wird mit 2–4 Jahren erreicht. Während der Laichzeit zwischen April und Juni sucht der Alet grob kiesiges Sohlsubstrat und schnell fließende, sauerstoffreiche Gewässerabschnitte auf. Die Eier werden bevorzugt auf Steinen und selten auf Wasserpflanzen abgelegt. Schlammige Untergründe verhindern den Schlupf der Fischlarven. Weibchen können mehr als einmal während einer Laichsaison ablaichen.

#### *Nahrung*

Der Alet ist ein typischer Allesfresser. Als junge Alet ernähren sie sich von Larven und Nymphen, Anflugnahrung an der Wasseroberfläche und manchmal auch von Pflanzen. Mit zunehmendem Alter formieren sich die Alet zu kleineren Schulen und wandeln sich zu einem Allesfresser mit Hang zum Räuberischen um. Bei Adultfischen stehen Würmer, kleine Fische und Amphibien auf dem Speiseplan. Ins Wasser gefallene Früchte werden ebenso wenig verschmäht wie der Laich und Nachwuchs anderer Arten. In einigen Gewässern kann dies zu Konflikten mit Forellen führen, deren Population durch einen übermässigen Bestand an Alet nachhaltigen Schaden nehmen können.

#### *Erfahrungen und Beurteilung für die Eignung im Fählensee*

Der Alet kommt im Fählensee vor. Der Grund dafür ist wie bei der Elritze unbekannt. Wie gross die Population ist, und ob sich die Art im Fählensee selbst reproduzieren kann ist jedoch unbekannt. Die Art wird nicht fischereilich genutzt.

## 6 Varianten zum zukünftigen Management

Im folgenden werden 6 unterschiedliche Strategien zum fischereilichen Management des Sees skizziert und beschrieben. Diese beinhalten einerseits die Beibehaltung der bisherigen Besatzstrategie (Variante 0), den Nicht-Besatz bis zur Wiederherstellung eines oligotrophen Zustand des Sees (Variante 1), den Besatz mittels Regenbogenforellen (Variante 2), den Initialbesatz mit Rotfedern (Variante 3), den Besatz mit adulten Regenbogenforellen (Variante 4) und die Wiederaufnahme des Besatzes mit Namaycush (Variante 5). Die Varianten entsprechen somit der Fülle an Möglichkeiten, die sich unseres Erachtens aktuell bieten. Eine Einschätzung der Vor- und Nachteile der jeweiligen Variante wird ebenfalls vorgenommen.

### 6.1 Variante 0: Status quo

Der Fählensee wird seit Jahrzehnten fischereilich bewirtschaftet. Regelmässige Besatzmassnahmen finden seit Anfang der 1980er Jahre statt. Damals wurden Kanadische Seesaiblinge (*Salvelinus namaycush*) eingesetzt. Infolge der ersten Besatzmassnahmen stieg der Fischfangertrag stark an und erreichte 1991 einen maximalen Jahresfang von 1'488 gefangenen Fischen (aus welchen Arten sich der Fangertrag zusammensetzte ist nicht bekannt). Zwischen 1989 und 1995 fanden keine Besatzmassnahmen statt, die Fangerträge fielen regelrecht zusammen, worauf ab 1996 wieder mit einem Minimalbesatz von ca. 1'000 Bachforellensömmerlingen begonnen wurde. Ab 1997 wurde der Besatz mit Bachforellen massiv verstärkt (jährlich rund 10'000 Bachforellen-Brütlinge sowie 2'000 Namaycush-Sömmerlinge). Als Reaktion stiegen die Erträge zwischen 1997 und 2002 wieder stark an und erreichten 2002 mit 1'247 gefangenen Fischen fast wieder die Mengen zu Beginn der 1990er Jahre. Diese Besatzstrategie wurde bis 2007 weitergeführt, jedoch nahmen die Fangzahlen trotz konstantem Besatz mit Bachforellen und Namaycush weiter stark ab. 2007 wurden zum letzten Mal Namaycush eingesetzt, stattdessen wurden fortan Seesaiblinge eingesetzt. Zwischen 2007 und 2017 wurden jährlich 10'000 Bachforellensömmerlinge und 5'000 bis 15'000 (im Jahre 2010) Seesaibling-Strecklinge eingesetzt. Die Erträge fielen aber trotzdem weiter ab und erreichten 2012 mit einem Jahresfang von 26 gefangenen Fischen (11 Namaycush, 9 Seesaiblinge, 6 Bachforellen) den absoluten Tiefststand. Seither blieben die Erträge mit etwas über 100 gefangenen Fischen pro Jahr auf tiefem Niveau. Seit 2012 werden hauptsächlich Seesaiblinge gefangen.

Mit der Fangaktion vom Herbst 2018, bei der grosse, räuberisch lebende Namaycush aus dem Fählensee entfernt wurden, fanden auch die derzeit letzten Besatzmassnahmen mit 2'000 Bachforellensömmerlingen als Köder für die Namaycush, statt. Die der Fangaktion zugrunde liegende Theorie war, dass sich die grossen Namaycush an den jährlich durchgeführten Besatzmassnahmen wie an einem üppig gedeckten Tisch bedienen und damit stetig weiter wachsen konnten, während die besetzten Fische kaum eine Chance hatten sich im Fählensee längerfristig zu entwickeln (AquaPlus 2019).

Seither wurden keine weiteren Besatzmassnahmen unternommen. Nun stellt sich die Frage, ob mit dem Wegfallen der Namaycush die letzte Besatzstrategie, die

aus dem Besatz von Bachforellenbrütlingen und Seesaiblingssömmerlingen bestand, weitergeführt werden soll.

Positiv für beide Fischarten dürfte der Effekt der Netzbefischungsaktion im Herbst 2018 gewesen sein, bei dem sicherlich ein Grossteil der grossen räuberischen Namaycush entnommen werden konnte, wodurch sich der Räuberdruck verminderte und damit Seesaiblinge grösser und älter werden könnten. Ob alleine deswegen der Besatz mit Seesaiblingen und Bachforellen in Zukunft ohne Namaycush auf Erfolg stossen wird, und die fischereilichen Erträge wieder steigen, hängt jedoch von weiteren Faktoren ab:

Durch den Besatz mit Bachforellen und Seesaiblingen, wie dies bis anhin praktiziert wurde, stellt sich weiterhin das Problem der Nahrungsgrundlage. Als Juvenile werden bei Seesaiblingen Plankton, bei Forellen benthische Insekten bevorzugt, insbesondere adulte Bachforellen fressen zunehmend auch kleine Fische. Ist das Angebot knapp (lediglich Elritzen im Flachwasserbereich), würden auch kleine Saiblinge oder jüngere Bachforellen gefressen. Adulte Seesaiblinge ergänzen die Nahrungsgrundlage neben Zooplankton (Daphnien) mit Insektenlarven, können aber auch kleine Fische verspeisen.

Das Angebot an benthischen Insekten ist am Fählensee nur beschränkt vorhanden, wodurch der Besatz von Bachforellensömmerlingen in Frage gestellt werden muss. Dafür sprechen nicht zuletzt auch die geringen Fangzahlen bei der Bachforelle. Ein gleichzeitiger Besatz beider Fischarten scheint aus diesen Gründen im Fählensee nicht sinnvoll. Hinsichtlich der Futterverfügbarkeit und der Fangzahlen scheint der Seesaibling die geeignetere Fischart zu sein. Allerdings zeigen die bisher gefangenen Exemplare eine sehr schlechte Kondition und auch der gewässerchemische Zustand des Sees entspricht nicht den Anforderungen des Seesaiblings (Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser). Eine natürliche Reproduktion wird es aufgrund der fehlenden Laichgründe und Sauerstoffarmut ebenfalls kaum geben. Es gilt sich auch zu überlegen, ob die Besatzzahlen reduziert werden sollten, um hungernde oder sich zu Kannibalen entwickelnde Fische zu vermeiden. Dafür müsste man abschätzen können, wie gross die Nahrungsgrundlage ist und wieviel Besatz entsprechend möglich wäre. Da eine Reproduktion der Seesaiblinge im Fählensee höchstwahrscheinlich ausgeschlossen werden kann, kann auch das Mindestfangmass herabgesetzt oder aufgehoben werden.

## **6.2 Variante 1: keine Besatzmassnahmen**

Eine weitere, etwas radikale Variante wäre der Besatzverzicht für die kommenden Jahre bis eine allfällige Seesanieung am Fählensee abgeschlossen ist und sich die organische Belastung reduziert hat. Dies wird womöglich mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen und könnte bei Fischern auf Ablehnung stossen. Allerdings wäre diese Variante aus ökologischer Sicht die Sinnvollste. Da sich ausser den Elritzen aber höchst wahrscheinlich keine anderen Fische im See fortpflanzen können, würden keine fischereilich interessanten Arten mehr den See bewohnen. Für diese Variante spricht, dass der Fählensee natürlicherweise (also ohne menschlichen Eingriff) nicht von Fischen besiedelt wäre. Im "Geographischen Lexikon der Schweiz" (Ausgabe von 1904) wird zum Fählensee erwähnt, dass der See "ohne

*Fische*" sei (Knapp et al. 1904). Der Chronist Gabriel Walser (1695 - 1776) schrieb zum Fählensee, dass "*wegen seiner ungemainen Kälte keine Fische darin bleiben können*" (Altherr 1994). Möglich ist also, dass der See bereits zu früheren Zeiten keinen guten Lebensraum für Fische bot (auch wenn es sicherlich nicht an der Kälte lag).

### **6.3 Variante 2: Besatz mit Regenbogenforellen**

Die Regenbogenforelle wird in vielen Bergseen als attraktive Zielfischart besetzt. Sie zeigt ein schnelleres Wachstum als die einheimische Bachforelle, weshalb sie häufig fischereilich favorisiert wird. Die Regenbogenforelle könnte sich evtl. besser im See halten und "fängiger" sein, als die Bachforelle.

Mit dem Besatz von Regenbogenforellen im Fählensee ergäben sich aber auch ähnliche Probleme wie beim Besatz mit der Bachforelle. Die natürliche Reproduktion wäre kaum möglich und auch die Nahrungssituation ist für Regenbogenforellen eher ungünstig. Dies umso mehr, weil die Regenbogenforelle ein schnelles Wachstum aufweist und entsprechend mehr Nahrung benötigt. Zudem ist die Regenbogenforelle der grössere Räuber als die Bachforelle und würde sich zunehmend kannibalistisch verhalten.

### **6.4 Variante 3: Besatz mit Rotfedern**

Ein weiterer Ansatz wäre der Versuch das fehlende Glied des Primärkonsumenten mit dem Besatz von Rotfedern zu ersetzen. Deren Nahrung besteht hauptsächlich aus Plankton, Algen und Wasserpflanzen. Allerdings sind die Wasserpflanzenbestände nicht gerade üppig. Es stellt sich auch die Frage der Konkurrenzsituation mit Elritzen, die ebenfalls Plankton und Algen zu sich nehmen. Die Rotfedern würden wiederum den Sekundärkonsumenten wie Bachforellen oder Seesaiblingen als Nahrung dienen. Bisher gibt es jedoch nur wenige Erfahrungen zu diesem Vorgehen und es ist fraglich ob man dermassen in ein Ökosystem eingreifen sollte. Rotfedern sind jedoch nicht ausschliesslich Vegetarier sondern ernähren sich insbesondere im ausgewachsenen Zustand auch von Insektenlarven - wodurch wiederum eine Nahrungskonkurrenz zu den fischereilichen Zielfischarten entstehen könnte.

Damit sich die Art im Fählensee halten könnte, sind auch die Laichbedingungen wichtig: Rotfedern laichen von April bis Juni bei Temperaturen um 18°C an flachen und mit Wasserpflanzen bewachsenen Uferstellen. Beides, Temperatur und flache, bewachsene Uferstellen sind Voraussetzungen, welche am Fählensee kaum vorgefunden werden.

Interessanterweise gibt es am Silsersee eine Rotfederpopulation, die sich halten kann. Hier besteht mit Bachforellen und Seesaiblingen ein vergleichbares Räuberspektrum wie gegenwärtig im Fählensee. Allerdings sind die beiden Bergseen in ihren limnologischen Gegebenheiten sehr unterschiedlich und diesbezüglich kaum vergleichbar.

Andere sich von Plankton ernährende Weissfische, wie z.B. die Laube (*Alburnus alburnus*) eignen sich aufgrund der kalten Temperaturen nicht für den Besatz im Fählensee.

#### **6.5 Variante 4: Besatz mit adulten Regenbogenforellen**

Da die Auswuchsbedingungen für die fischereilich interessanten Fischarten der Salmoniden im Fählensee suboptimal sind, bietet sich die Variante eines reinen Besatzes mit adulten Regenbogenforellen aus Zuchtanlagen an. Diese Variante zielt einzig auf einen maximalen Fangertag für die Fischer ab. Ein entsprechender Besatz mit adulten Regenbogenforellen wäre jedoch kostspielig. Der Besatz müsste über (zusätzliche) Patenteinnahmen gedeckt werden. Eine entsprechende Bewirtschaftung mit adulten Regenbogenforellen findet sich auch in anderen Schweizer Seen. Da es sich jedoch um Tiere handelt, die ihr bisheriges Leben in einer Zucht verbracht haben, dort mit Fischfutter ernährt wurden, aufwändig in den See gebracht werden müssen und nur kurze Zeit im See verbringen werden, handelt es sich bei dieser Idee sicherlich nicht um eine nachhaltige und ökologische Variante.

#### **6.6 Variante 5: Wiederaufnahme Namaycush Besatz**

Keine Fischart hat so hohe Fangertträge generiert wie der Kanadische Seesaibling (*S. namaycush*). Bekanntermassen blieb der Besatz dieses Fisches aber nicht ohne negative Konsequenzen, da die Fische im Alter von 6-7 Jahren ihre Nahrung auf kleinere Fische umstellen, und damit nachkommende Generationen oder andere Arten stark dezimieren, was wiederum stark sinkende Fangzahlen zur Folge hat. Dennoch scheint der Namaycush mit den Bedingungen im Fählensee einigermaßen gut zurechtgekommen zu sein. Es ist auch möglich, dass sich junge Namaycush stärker auf das vorkommende Zooplankton, denn auf benthische Organismen ausgerichtet haben, wodurch sie eine grössere Futterquelle erschlossen hätten.

Wie die Vergangenheit gezeigt hat, müsste ein erneuter Besatz mit Namaycush im Fählensee wiederum mit regelmässigen Netzbefischungen und Entnahmen von grossen Tieren erfolgen. Nur so könnten längerfristig hohe Fangzahlen beibehalten werden (ähnlich vollzieht dies der Kanton Tessin an einigen Bergseen). Die hohen Kosten für den Besatz und die Befischungsaktionen müssten dabei jedoch durch die Patente oder allenfalls zusätzliche Patentgebühren gedeckt werden.

Sollte die Wiederaufnahme des Namaycush Besatzes ernsthaft erwogen werden, so sollten zunächst die unter Kapitel 2.2 beschriebenen Untersuchungen zum Besatzerfolg und -misserfolg in weiteren Seen durchgeführt werden.

## 7 Fazit und Empfehlungen

Um ein nachhaltiges Fischereimanagement an einem Bergsee etablieren zu können müssen unseres Erachtens mehrere Grundvoraussetzungen erfüllt sein:

1. Der See entspricht den ökologischen Ansprüchen der Zielfischart(en).
2. Die Zielfischart findet nebst dem notwendigen Lebensraum für alle Lebensstadien auch ein genügend grosses Futterangebot.
3. Die Zielfischart kann sich auf natürliche Weise im Gewässer reproduzieren.

Der Fählensee muss aufgrund seiner aktuellen limnologischen Situation als **sehr untypischer Bergsee** bezeichnet werden: Der hohe Nährstoffgehalt, die Verschlammung und Veralgung der Ufer, die Sauerstoffarmut und die damit verbundene Phosphor-Rücklösung aus dem Sediment sind nicht Verhältnisse, welche man an Bergseen antrifft. Die physikalischen Eigenschaften wie die jahreszeitlichen Schichtungsverhältnisse, die meist kühlen Wassertemperaturen oder die Eisbedeckung im Winter entsprechen hingegen einem Bergsee. Diese Gegensätzlichkeit gestaltet ein geeignetes Fischereimanagement in diesem Alpsteinsee sehr anspruchsvoll: Die fischereilich interessanten Arten für Bergseen (Namaycush, Bachforelle, Regenbogenforelle, Seesaibling) haben alle hohe Ansprüche an die Wasserqualität, insbesondere an den Sauerstoffgehalt. Zudem benötigen sie für die Reproduktion entweder durchströmtes Kies an den Halden oder an Zuflüssen. Um entsprechend heranzuwachsen muss wiederum genügend Nahrung in Form von Würmern, Insektenlarven etc. vorhanden sein. Beim Fählensee sind sämtliche Anforderungen, sowohl bzgl. Sauerstoff (ab einer bestimmten Tiefe), Reproduktion und Nahrung für diese Arten nicht oder nicht hinreichend erfüllt! **Der Fählensee hat für die fischereiliche Bewirtschaftung aufgrund der ökologischen Einschränkungen für die Zielfischarten ein geringes Potential. Die hohen Fangerträge welche der See jeweils kurzfristig lieferte, sind auf den starken Besatz - und damit Futtereintrag zurückzuführen.**

Aktuell fehlen zu wichtigen Kennwerten qualitative Untersuchungen: so ist zur Altersstruktur und der Kondition der Fischarten fast nichts bekannt. Ebenfalls fehlen quantitative Untersuchungen zum mengenmässigen Vorkommen und zur saisonalen Häufigkeit des Zooplanktons sowie zum Vorkommen von Makrozoobenthos. Für ein besseres Verständnis der Wachstumsverhältnisse und Altersanalyse von Fischen im Fählensee wäre es sinnvoll, über einen längeren Zeitraum weitere biometrische Daten und Schuppen von Seesaiblingen und Bachforellen zu erheben bzw. zu analysieren. Dabei wären Angaben zum Mageninhalt der gefangenen Fische wichtig, um Hinweise über die möglichen Nahrungsverhältnisse des Fählensees zu erhalten. Ebenfalls wäre es wichtig, dass in der Fischfangstatistik auch das Gewicht der Fische erfasst wird. Damit können Aussagen zur Kondition der Fische gemacht werden. Das Mindestfangmass der Seesaiblinge ist unseres Erachtens nicht notwendig, da eine natürliche Reproduktion dieser Fischart im See höchstwahrscheinlich ausgeschlossen werden kann.

Wir gehen davon aus, dass das Fischereimanagement des Fählensees dahingehend überarbeitet werden muss, dass sich **die Nahrungsgrundlage für die fi-**

**schereilich interessanten Arten verbessert, oder dass das natürlicherweise geringe Potential des Sees - und damit die geringen Fangzahlen - akzeptiert werden.** Zu Zeiten der hohen Fangerträge wurde die Nahrungsgrundlage durch stetigen Besatz, welcher sich als Futter für die grossen Raubfische (Namaycush) entpuppte, gedeckt. Ökologisch und aus tierschützerischer Sicht sinnvoller wäre eine Veränderung innerhalb der Nahrungspyramide: Um die grosse Algendichte im Fählensee besser in die Nahrungspyramide integrieren und damit mehr Nahrung für Raubfische generieren zu können, könnte der See versuchsweise mit Rotfedern besetzt werden (Variante 3), welche sich hauptsächlich von Algen und Makrophyten ernähren. Somit könnte mit einem Konsumenten erster Ordnung dieses fehlende Glied der Nahrungspyramide besetzt werden. Am Silsersee bestehen Erfahrungen mit Rotfedern, die bis heute eine beständige Population ausbilden konnten. Der Besatz eines Ökosystems mit einer fremden Art muss jedoch gut überlegt sein und sollte sicherlich eng begleitet werden. Sollte der Vorschlag ernsthaft weiterverfolgt werden, sollten weitere Abklärungen getroffen werden.

Parallel zu diesem Bericht laufen beim Amt für Umweltschutz weitere Abklärungen zur Nährstoffbelastung des Sees, welche allenfalls auch übergeordnete Rückschlüsse für das fischereiliche Management des Sees liefern können.

## 8 Literatur

- AquaPlus (2019): S. Namaycush-Management Fählensee. Hintergrund, Plausibilisierung, Fangaktion. Im Auftrag des Kantons Appenzell Innerrhoden.
- Knapp, Ch., Borel, M. & Attinger, V. (1904): Geographisches Lexikon der Schweiz. Zweiter Band. Neuenburg.
- Michel, M. (2009). Seesaibling-Krise Silsersee? Fakten, Analysen, Massnahmen. - Präsentation des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden.
- Ruhlé, Ch. (2008). Bemerkungen zu den Verhältnissen bei den Seesaiblingen im Silsersee im Jahre 2007. Bericht im Auftrag des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden. 40 S.
- Schulz, N. (2019). Untersuchungen zum Problem der Seesaiblinge des Achensees (Tirol, Österreich). Bericht im Auftrag des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum, Innsbruck. 24 S.
- Vonlanthen, P. & G. Périat (2015). Projet Lac. Untersuchung der Fischpopulation im Lago di Poschiavo und im Silsersee. Schlussbericht. 57 S.