



Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken

Weiterführende Untersuchungen zum Einsatz der kombinierten Kehle

Expertenbericht im Auftrag des
Bundesamtes für Umwelt BAFU

Oktober, 2020



Impressum

Auftraggeber	Bundesamt für Umwelt (BAFU) Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) <i>Kontaktperson</i> Alvaro Baumann y Carmona Tel. 058 466 78 21 alvaro.baumannycarmona@bafu.admin.ch
Auftragnehmer	FishConsulting GmbH Hagmattstr. 7 4600 Olten <i>Kontaktperson</i> Dr. Armin Peter Tel. 079 964 06 44 apeter@fishconsulting.ch
AutorInnen	Lisa Wilmsmeier, FishConsulting GmbH Dr. Armin Peter, FishConsulting GmbH Nils Schölzel, FishConsulting GmbH Olivier Kastenhofer, FishConsulting GmbH Projektleitung Projektleitung
Auftragserteilung	14. August 2019
Begleitung BAFU	Alvaro Baumann y Carmona
Disclaimer	Dieser Expertenbericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.
Zitiervorschlag	Wilmsmeier, L., Schölzel, N., Kastenhofer, O. & Peter, A. 2020. Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken – Weiterführende Untersuchungen zum Einsatz der kombinierten Kehle. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU: 70 S.
Titelseite	Zählbecken mit Materialcontainer in der FAH Winznau Rotaugen aus dem Zählbecken Alet aus dem Zählbecken Mitglieder des FV Olten bei der Fischzählung
Fotos	Alle © FishConsulting GmbH, 2020



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Einleitung	5
2.1	Hintergrund	5
2.2	Auftrag.....	6
3	Teilprojekt 1: Fischaufstiegszählung Winznau	8
3.1	Einleitung.....	8
3.2	Methoden.....	10
3.2.1	<i>Zählkonzept</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Fischzählung</i>	<i>11</i>
3.2.3	<i>Einfluss von Umweltfaktoren.....</i>	<i>13</i>
3.2.4	<i>Videomonitoring an Zwischentagen.....</i>	<i>14</i>
3.2.5	<i>Elektrische Befischung Restwasserstrecke und FAH.....</i>	<i>14</i>
3.2.6	<i>Analyse der Fischverletzungen</i>	<i>18</i>
3.3	Resultate Teilprojekt 1	19
3.3.1	<i>Fischzählung</i>	<i>19</i>
3.3.2	<i>Aufstiegsmuster der wichtigsten Arten</i>	<i>22</i>
3.3.3	<i>Einfluss der Umweltfaktoren</i>	<i>24</i>
3.3.4	<i>Validierung des Zählkonzepts und Hochrechnung Fangzahlen</i>	<i>26</i>
3.3.5	<i>Videomonitoring an Zwischentagen.....</i>	<i>27</i>
3.3.6	<i>Elektrische Befischung Restwasserstrecke und FAH.....</i>	<i>27</i>
3.3.7	<i>Analyse der Fischverletzungen</i>	<i>29</i>
3.4	Diskussion Teilprojekt 1.....	33
3.4.1	<i>Fischzählung und Fangzahlen.....</i>	<i>33</i>
3.4.2	<i>Validierung Zählkonzept und Hochrechnung der Fangzahlen.....</i>	<i>34</i>
3.4.3	<i>Selektivität des Zählbeckens.....</i>	<i>35</i>
3.4.4	<i>Verletzungen im Zählbecken</i>	<i>35</i>
4	Teilprojekt 2: Überprüfung anderer Zählbecken inkl. Test der kombinierten Kehle	37
4.1	Einleitung.....	37
4.2	Methoden.....	38
4.2.1	<i>Beznau</i>	<i>38</i>
4.2.2	<i>Hagneck.....</i>	<i>39</i>
4.3	Resultate Teilprojekt 2	40
4.3.1	<i>Beznau</i>	<i>40</i>
4.3.2	<i>Hagneck.....</i>	<i>43</i>



4.4	Diskussion Teilprojekt 2.....	44
4.4.1	<i>Beznau</i>	44
4.4.2	<i>Hagneck</i>	45
5	Synthese	47
6	Empfehlungen für Bau und Betrieb von Zählbecken	49
6.1	Ziel und Anwendungsbereich der Empfehlungen	50
6.2	Empfehlungen für den Bau von Zählbecken	50
6.3	Empfehlungen für den Betrieb von Zählbecken.....	53
7	Dank	54
8	Literatur	55
9	Anhang	57



1 Zusammenfassung

Mit dem Projekt «Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken – Die unterschätzte Bedeutung der Reusenkehle» (Wilmsmeier et al. 2018) wurde aufgezeigt, dass bei bisherigen Fischzählungen mit Zählbecken nur ein Bruchteil der aufsteigenden Fische gezählt wurde. Grund dafür sind fehlende oder ungenügende Kehlen am Einstieg der Zählbecken und damit eine ungenügende Retention der Fische in den Fangeinrichtungen. Eine zuverlässige Beurteilung der Fischmigration bzw. der Fischaufstiegshilfen (FAH) ist mit solchen Zählungen nicht möglich. Als Gegenmassnahme wurde eine Kehle entwickelt («kombinierte Kehle»), die den Fischrückhalt massgeblich verbesserte. Es blieben jedoch offene Fragen zum tatsächlichen Fischaufstieg, dem Scheueffekt, der Verletzung von Fischen, der Übertragbarkeit der Resultate bei anderen Zählbecken und der praktischen Durchführung von Aufstiegszählungen mit der neu entwickelten Kehle. Diese Fragen wurden mit zwei Teilprojekten weiterverfolgt:

Im ersten Teilprojekt wurde am Wehr Winznau eine Aufstiegszählung mit der Kehle über ein ganzes Jahr durchgeführt. Um den Aufwand zu minimieren, stand das Zählbecken nur jeden zweiten Tag in Betrieb. An insgesamt 181 Tagen wurden 102'541 Fische von 26 Arten gezählt (durchschnittlich 567 Fische pro Tag). Eine Hochrechnung auf das gesamte Jahr ergibt einen geschätzten Gesamtaufstieg von 207'348 Fischen. Die Gültigkeit dieser Hochrechnung muss jedoch anhand von weiteren Erfahrungen mit Zählungen an effizienten Fangeinrichtungen überprüft werden.

Ein Vergleich mit dem Fischbestand des Unterwassers (Restwasserstrecke) und Videoaufnahmen aufsteigender Fische aus dem Umgehungsgerinne zeigte keine Hinweise auf Selektivität des Zählbeckens gegen gewisse Arten oder Grössenklassen. Die Verletzungsraten im Zählbecken lagen je nach Art zwischen 0 und 15 % über denen des Unterwassers. Der Anteil verletzter Fische konnte mit den durchgeführten Massnahmen gegenüber dem Vorjahr nur für Alet vermindert werden.

Im zweiten Teilprojekt wurde untersucht, ob das Problem ausschwimmender Fische auch bei grösseren Zählbecken mit komplexeren Strömungsmustern auftritt. Videoanalysen zeigen, dass dies sowohl beim neuen Zählbecken des Wehrkraftwerks des hydraulischen Kraftwerks Beznau (Rohbau ohne Kehle), als auch beim Zählbecken des Kraftwerks Hagneck (Kehle aus flexiblen Metallstäben) der Fall ist. Die in Hagneck verwendete Kehle ist nicht geeignet, um weder kleine noch grössere Fische im Zählbecken zu halten. Durch die Metallstäbe ist zudem die Verletzungsgefahr beim Ein- und Ausschwimmen erhöht. In Beznau wurde anschliessend eine kombinierte Kehle eingesetzt und die Fangzahlen ohne (Rohbau) und mit Kehle verglichen. Bei alleinigem Einsatz der Kehle lagen die Fangzahlen, anders als erwartet, unter denen des Rohbaus. Erst mit einem zur Strömunglenkung eingesetzten Brett konnten die Fangzahlen deutlich erhöht werden. Dies zeigt, dass die in Winznau entwickelte Kehle auch in anderen Zählbecken funktioniert, dabei aber an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden muss.

Mit dem Einsatz der Kehle über einen längeren Zeitraum und an verschiedenen Zählbecken wurden weitere Probleme erkannt: Geschwemmsel (Algenbüschel, Blätter etc.) stellt eine grosse Herausforderung beim Betrieb von Zählbecken mit Kehlen dar. Dieses muss unbedingt vor dem Einlauf ins Zählbecken oder bereits vor dem Einlauf der FAH abgehalten werden. Bei Beznau wurde durch einen Vergleich der Anzahl einschwimmender (Video) und bei der Zählung gefangener Fische zudem erkannt, dass rund die Hälfte der aufsteigenden Fische das Zählbecken über dessen Einlauf verlassen haben muss. Während dies in Winznau kein Problem darstellte, kann für Hagneck ein Ausstieg über den Einlauf nicht ausgeschlossen werden. Neben der Gestaltung des Einstiegs muss für zukünftige Aufstiegszählungen mit Zählbecken also auch die Gestaltung des Einlaufs genauer bedacht werden.

Die Erkenntnisse aus den verschiedenen Teilprojekten werden als «Empfehlungen für den Bau und Betrieb von Zählbecken» zusammengefasst. Diese sollen Grundlagen liefern, um in Zukunft verlässliche, effiziente und fischschonende Zählungen mit Zählbecken durchführen zu können.



2 Einleitung

2.1 Hintergrund

Für die biologische Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen an Wasserkraftwerken gibt es verschiedene Methoden mit spezifischen Vor- und Nachteilen (Travade & Larinier 1994; Zaugg et al. 2016). In der Schweiz wird insbesondere an grösseren Gewässern oft mit Zählbecken gearbeitet (Abbildung 1). Durch das natürliche Verhalten der wandernden Fische (positive Rheotaxis) und eine Reusenkehle im Einstiegsbereich, sollen die Fische bis zur Zählung im Zählbecken gehalten werden (Gebler 2010).

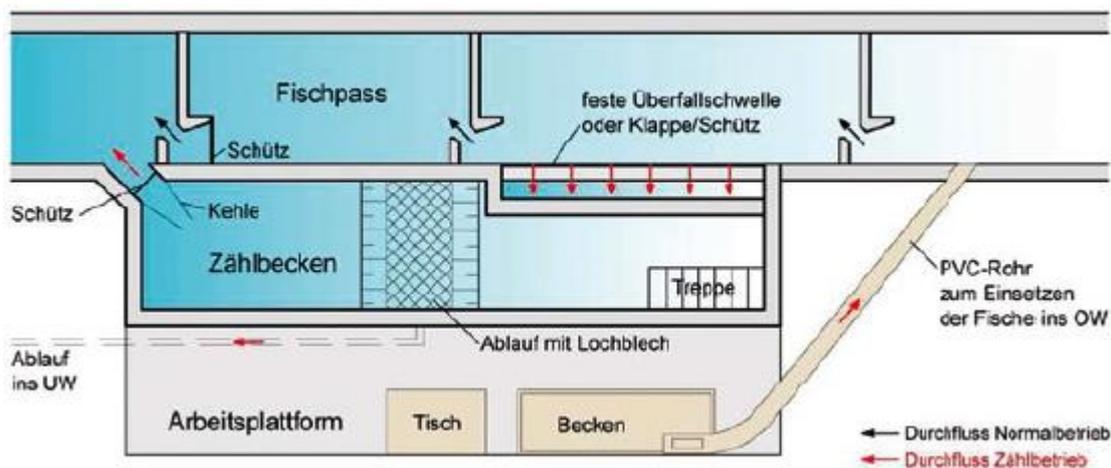


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Zählbeckens (aus Gebler 2010)

Obwohl der Gestaltung der Reusenkehle eine enorme Bedeutung für die Fängigkeit einer Zählrichtung zukommt (Fladung et al. 2017), wurden Zählbecken in der Schweiz bisher ohne oder mit unzureichend überprüften Kehlen betrieben. Weder in praxisbezogenen Arbeiten noch in der wissenschaftlichen Literatur (Stuart et al. 2008) wird die Effizienz der verwendeten Fangeinrichtungen bei Fischaufstiegszählungen üblicherweise thematisiert.

Erst nachdem im Rahmen einer PIT-Tagging Studie bei gleichzeitigem Einsatz des Zählbeckens am Kraftwerk Rheinfelden erkannt worden war, dass ein grosser Teil der Fische aus den Zählbecken wieder ausschwimmt (Peter et al. 2016), wurde die Fangeffizienz der Zählbecken genauer untersucht. Eine umfassende Studie an den Zählbecken der Wehre Winznau und Schönenwerd (beide Aare), die neben einer Fischzählung auch Experimente mit markierten Fischen und Videoanalysen beinhaltete, zeigte, dass ohne Kehle so gut wie alle Fische wieder aus den Zählbecken ausschwammen. Mit einer kombinierten Kehle aus einem Metallgittertrichter und einem Netzfortsatz konnte das Ausschwimmen auf unter 7 % reduziert werden. In der Folge stiegen die Fangzahlen und damit auch der Aufwand für die Fischzählung um ein Vielfaches (Wilmsmeier et al. 2020).

Durch den Erfolg der kombinierten Kehle an den untersuchten Zählbecken eröffneten sich weitere Fragen betreffend den Bau und Betrieb von Zählbecken, die in diesem Folgeprojekt untersucht wurden.



2.2 Auftrag

Das vorliegende Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) besteht aus zwei Teilen: Im ersten Teil soll am Zählbecken Winznau mit der kombinierten Kehle schweizweit erstmals eine Fischaufstiegszählung mit einer auf ihre Fängigkeit überprüften Fangeinrichtung über ein ganzes Jahr durchgeführt werden. Neben der eigentlichen Untersuchung der Fischmigration ist dafür ein Konzept vorzuschlagen und zu überprüfen, welches bei zukünftigen Untersuchungen den Zählaufwand vermindern und dennoch einen guten Überblick über die Aufstiegszahlen ermöglichen soll. Die Fangzahlen der einjährigen Zählung in Winznau sollen mit anderen Aufstiegshilfen und Zähleinrichtungen verglichen werden.

Im zweiten Teilprojekt soll die Fangeffizienz weiterer Zählbecken unterschiedlicher Bauart oder mit anderen Kehlentypen genauer untersucht werden. Ausserdem ist die Funktionstüchtigkeit der für die Zählbecken Winznau und Schönenwerd entwickelten Kehle an weiteren Zählbecken zu überprüfen, um allfällige Probleme oder nötige Anpassungen für zukünftige Aufstiegszählungen zu ermitteln.

Aus den gewonnenen Erfahrungen sind Empfehlungen für den Bau und Betrieb von Zählbecken sowie zur Minimierung von Verletzungen von Fischen beim Fang in Zählbecken zu erstellen.

Konkret sind folgende Inhalte Teil der Folgeuntersuchung:

Teilprojekt 1: Umfassende Zählung mit der kombinierten Kehle (Aare Wehr Winznau)

- Konzept erstellen für eine 12 Monate dauernde Fischzählung am Stauwehr Winznau. Mit einem limitierten Aufwand soll eine möglichst realistische Erfassung des Fischaufstieges ermöglicht werden.
- Wissenschaftliche Begleitung des Zählprojekts und Ausbildung der Fischer (Qualitätssicherung)
- Umfassende Analyse einer einjährigen Aufstiegszählung mit angepassten Fangmethoden (realitätsnahe Abschätzung der Aufstiegszahlen über ein volles Jahr), inkl. Schweizweite Vergleiche der Fangzahlen anderer Anlagen
- Analyse der Verletzungen im Zählbecken, Umsetzung der Vorschläge zur Minimierung der Verletzungen

Dank einem Auftrag der Abteilung Jagd und Fischerei des Kantons Solothurn konnten zusätzlich elektrische Befischungen im Unterwasser des Wehrs Winznau (Restwasserstrecke) und der FAH durchgeführt werden. Die Resultate wurden in diesen Bericht integriert und zusätzlich für die Analyse einer möglichen Selektivität des Zählbeckens und der Verletzungen der Fische verwendet.

Teilprojekt 2: Überprüfung weiterer Zählbecken und Test der kombinierten Kehle

- Überprüfung der Fangeffizienz zweier neu errichteten Zählbecken unterschiedlichen Bautyps
 - Zählbecken Beznau: grosses Zählbecken im Rohbau (ohne Kehle), Baujahr 2019
 - Zählbecken Hagneck: grosses Zählbecken mit flexibler Stabkehle, Baujahr 2015



- Einbau und Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der kombinierten Kehle an zwei Zählbecken unterschiedlichen Bautyps
 - Zählbecken Beznau (Fischzählung und Videoanalyse)
 - Zählbecken Hagneck (nur Videoanalyse)

Produkte des Gesamtprojekts

- Generelle Empfehlungen für den Bau und Betrieb von Zählbecken, weitere Empfehlungen zum Einsatz der kombinierten Kehle
- Konzept für die Minimierung von Verletzungen von Fischen beim Fang in Zählbecken



3 Teilprojekt 1: Fischaufstiegszählung Winznau

3.1 Einleitung

Am Zählbecken des Wehrs Winznau war ursprünglich eine dreijährige Fischaufstiegszählung von 2018 – 2021 vorgesehen. 2018 wurde die Zählung genutzt, um die im Rahmen einer Literaturrecherche und Experteninterviews entwickelte kombinierte Kehle zu testen. Bei Versuchen mit markierten Fischen wurde festgestellt, dass im Originalzustand des Beckens (ohne Kehle) 94.8 % der Fische das Zählbecken vor der abendlichen Zählung verliessen. Mit der Kehle wurde die Retention der Fische im Zählbecken deutlich verbessert und nur noch 7.8 % der markierten Fische konnten bei der Kontrolle nicht mehr im Becken nachgewiesen werden. Videoaufnahmen ergaben sogar eine Ausschwimmrate von nur noch 2.6 % (Wilmsmeier et al. 2018).

2018 wurden in Winznau von April bis Mitte Oktober insgesamt 42'915 Fische gefangen, davon 28'630 an den 15 Tagen, an denen die kombinierte Kehle getestet wurde. Die Fangzahlen und die hohe Ausschwimmrate zeigten, dass eine Zählung ohne Kehle nicht geeignet ist, um die tatsächlichen Aufstiegszahlen abzubilden oder die FAH zu bewerten. Deshalb wurde entschieden, dass die Fischaufstiegszählungen nicht wie geplant (April-Oktober, ohne Kehle) für zwei weitere Jahre durchgeführt werden sollten. Stattdessen sollte unter Einsatz der Kehle über ein ganzes Jahr gezählt werden.

Bisher wurden Fischaufstiegszählungen in Winznau, wie auch bei vielen anderen Untersuchungen, täglich von Mai bis Oktober durchgeführt. Damit wird zwar die Zeit mit den insgesamt meisten aufsteigenden Fischen abgedeckt, für bestimmte Arten (z. B. Salmoniden) ist jedoch keine Bewertung des Fischaufstiegs möglich. Frühere Untersuchungen (z. B. Guthruf 2008) zeigen, dass in den Wintermonaten nur sehr wenige aufsteigende Fische gezählt wurden. Da diese Untersuchungen jedoch in der Regel ohne funktionierende Kehle durchgeführt wurden, wurde für die Pilotuntersuchung am Zählbecken Winznau eine ganzjährige Zählung geplant. Die Fischaufstiegszählung am Wehr Winznau stellt damit schweizweit die erste ganzjährige Zählung mit einem Zählbecken dar, dessen hohe Fängigkeit nachgewiesen wurde. Die Resultate sind deshalb von grosser Bedeutung für eine zukünftige Festlegung eines Bewertungsschemas von FAH mittels Fischzählungen.

Bei Einsatz der Kehle stiegen die Fangzahlen jedoch derart, dass die Kapazitäten des verhältnismässig kleinen Zählbeckens und des Zählpersonals (Fischereiverein Olten) an ihre Grenzen stiessen. Deshalb musste ein Konzept erstellt werden, um den Aufwand trotz der höheren Fangzahlen und längeren Zählperiode in einem angemessenen Rahmen zu halten (s. Kapitel 3.2.1).

Bei der Pilot-Zählung am Zählbecken Winznau sollten neben dem tatsächlichen Fischaufstieg und der Validierung des gewählten Zählkonzepts auch weitere Erfahrungen im Zusammenhang mit der Fischzählung mit Zählbecken gesammelt werden. Offene Fragen zu einer möglichen Selektivität durch einen Scheueffekt am Einstieg des Zählbeckens und verletzten Fischen wurden mit Befischungen des Unterwassers und Videoaufnahmen in der FAH weitergehend betrachtet. Bei den Zählungen von 2018 war aufgefallen, dass bestimmte schwimmschwache, bodenorientierte Fischarten im Zählbecken fehlten oder äussert selten vorkamen, obwohl sie in der Aare häufig sind (Groppe, Schmerle, Steinbeisser). Auch von den eigentlich erwarteten Äschen wurde kein Individuum gefangen. Durch Befischung der Restwasserstrecke und der FAH wurde untersucht, ob diese Fische nicht in den Fischpass, oder nur nicht in das Zählbecken einsteigen (der zweite Fall wäre ein Hinweis auf einen artspezifischen Scheueffekt). Zudem ergaben die elektrischen Befischungen einen Überblick über die Artenzusammensetzung in der Aare sowie im Umgebungsgerinne.



Konkret wurden die folgenden Fragen untersucht:

- Wie viele Fische und welche Arten können in Winznau bei einer Zählung mit einer funktionierenden Kehle nachgewiesen werden? Wie verteilen sich die Aufstiegszahlen über das Jahr?
- Kann ein Zusammenhang zwischen der Anzahl aufsteigender Fische und verschiedenen Umweltfaktoren nachgewiesen werden?
- Ist eine realistische Hochrechnung der Fangzahlen auf ein ganzes Jahr möglich?
- Besteht ein Scheueffekt (Fische vermeiden das Einschwimmen durch die Kehle), durch den gewisse Arten oder Grössenklassen nicht im Zählbecken nachgewiesen werden können (Selektivität)?
- Wie viele und welche Verletzungen werden durch das Zählbecken verursacht? Lassen sie sich durch die im Vergleich zu 2018 getroffenen Massnahmen vermeiden?



3.2 Methoden

3.2.1 Zählkonzept

Für die Fischzählung Winznau 2019 wurde ein Konzept erarbeitet, um die Ermittlung möglichst realistischer Aufstiegszahlen fischeschonend und mit reduziertem Personalaufwand zu ermöglichen. Ein Zählkonzept beinhaltet Angaben dazu, welche Parameter erhoben werden sollen und Anordnungen zum Umgang mit sehr hohen Fangzahlen.

Anzahl und Intervall der Zählungen

Bei einer wissenschaftlichen Vorgehensweise würde üblicherweise anhand der Fangzahlen früherer Jahre errechnet, wie oft hätte gezählt werden müssen, um schlussendlich eine Schätzung zu erhalten, die innerhalb eines geduldeten Fehlers (z. B. $\pm 10\%$) der tatsächlich aufgestiegenen Anzahl Fische liegt (*retrospective sampling*). Da bisher keine entsprechenden Fangzahlen für Winznau vorliegen, wurden stattdessen die Zahlen der Hochrheinzählung von Ryburg-Schwörstadt herangezogen. Hier wurden während einem Jahr 24'554 Fische in einem Zählbecken gezählt (Guthruf & Dönni in Bearb., die Rohdaten wurden von der Aquatica GmbH zur Verfügung gestellt). Auch ohne genaue Kenntnisse der Fängigkeit des Zählbeckens erlaubt diese Auswertung zumindest einen Einblick in das Verhältnis von Aufwand und Genauigkeit der Hochrechnung verschiedener Zählkonzepte.

Um mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eine Genauigkeit der Abschätzung der jährlichen Aufstiegszahl von $\pm 10\%$ zu erreichen, hätten in Ryburg-Schwörstadt drei (80 % der Hochrechnungen innerhalb von $\pm 10\%$) bis 4 (91% innerhalb von $\pm 10\%$) Tage pro Woche gezählt werden müssen (*stratified random sampling* mit 1000 Wiederholungen).

Neben dem Gesamtaufstieg sollen auch die Aufstiegszahlen einzelner Arten möglichst genau erfasst werden. Da der Fischaufstieg einzelner Arten nicht gleichmässig über das ganze Jahr verteilt ist, sollten die Zähltagel regelmässig über das ganze Jahr verteilt werden. Die Zahlen von Ryburg-Schwörstadt zeigen ausserdem, dass die Aufstiegspeaks einzelner Arten sehr kurz sein können. Mit einer Zählpause von 4 Tagen hätte man beinahe den kompletten Aufstieg der immerhin 3'600 Rotaugen verpassen können. Auch die Aufstiegspeaks der Barben, Alet und Schneider dauerten maximal 1-3 Tage. Die mit Abstand genauesten Hochrechnungen ($\pm 0.3\%$) wären mit der Zählung jeden zweiten Tag erzielt worden. Schon bei Zählungen und Zählpausen von jeweils zwei Tagen hätte die Hochrechnung einen durchschnittlichen Fehler von 6 % aufgewiesen.

Zur Kontrolle wurde die Hochrechnung auf ein ganzes Jahr anhand der Fangzahlen der Reuse am Kraftwerk Augst überprüft. Hier wäre die Hochrechnung einer Zählung jedes zweiten Tages nur um 1.3 % von den tatsächlich gezählten, 2'980 aufgestiegenen Fischen abgewichen. Dies spricht dafür, tatsächlich jeden zweiten Tag zu zählen. Da jeweils am Vorabend einer Zählung das Zählbecken in Betrieb gesetzt werden muss, ist der Aufwand für dieses Zählintervall höher als z. B. für die Auszählung jeder zweiten Woche. Der leicht höhere Aufwand im Vergleich zu anderen Zählintervallen wurde für dieses Pilotprojekt jedoch als gerechtfertigt erachtet und die Fischer erklärten sich dazu bereit, das Becken jeweils an den Tagen zwischen den Zählungen in Betrieb zu nehmen.

Zusätzliche Erhebungen

Um die Fangzahlen interpretieren zu können und schlussendlich eine Bewertung der FAH oder des Fischbestands zu ermöglichen, muss neben der Art und Anzahl der Fische auch deren Grössenklasse festgehalten werden. Zusätzlich sind die Betriebszeiten der Fanganlage, die Dauer der Fischzählung (zur Berechnung der Vergütung) sowie die wichtigsten Umweltfaktoren (Temperatur, Abfluss, Trübung) festzuhalten.



Zählung bei hohem Fischaufkommen

Wenn sehr viele Fische im Becken sind (Hauptwanderzeit), soll zweimal täglich (morgens und abends) gezählt werden um die Fischdichte, die Aufenthaltsdauer der Fische im Becken und die Dauer der Zählung zu minimieren. Für das Zählbecken Winznau wurde vorgeschlagen, dass dies ab 3'000 Fische pro Tag gilt. Wenn das Fischaufkommen im Zählbecken an einzelnen Tagen trotzdem so hoch ist, dass nicht alle Fische gezählt werden können, soll die Anzahl der Fische geschätzt werden und nur von einer Stichprobe die Arten und Grössenklassen erhoben werden (ab ca. 5'000 Fischen pro Zählung).

Dieses Vorgehen wurde im Laufe des Jahres mit den Fischern besprochen. Die Erfahrungen werden in Kapitel 3.3.4 diskutiert.

Validierung des Zählkonzepts

Mit den Fangzahlen jedes zweiten Tages soll eine möglichst genaue Abschätzung des gesamten Fischaufstiegs am Wehr Winznau erstellt werden. Dank der regelmässigen und häufigen Zählungen kann dafür einfach der Durchschnitt der täglichen Fangzahlen auf 365 Tage hochgerechnet werden oder eine Berechnung mit dem Modell, das verschiedene Umweltfaktoren einbezieht, erfolgen. Um die Genauigkeit der Berechnung zu überprüfen, wurden die mit verschiedenen Methoden berechneten Fangzahlen mit denen von zehn zusätzlich ausgezählten Tagen («Kontrolltage») verglichen. Dazu wurden die Zählungen während drei Wochen (KW 27, 38 und 50) in verschiedenen Jahreszeiten täglich durchgeführt. Die tatsächlichen Fangzahlen der Kontrolltage wurden mit dem Durchschnitt der umliegenden Zähltag (2, 4 oder 10 Zähltag), des Modells des Gesamtaufstiegs und des Modells einzelner Arten (s. Abschnitt 3.2.3) verglichen.

3.2.2 Fischzählung

Der Standort und die Funktionsweise des Beckens beschrieben (Abbildung 2; Abmessungen Becken im Anhang, Tabelle 11) wird in Wilmsmeier et al. (2018). Im Gegensatz zu 2018 wurde für die Fischzählung ein Container inkl. Stromanschluss und Licht (zur Verfügung gestellt von der Alpiq Hydro Aare AG), ein Dach als Witterungsschutz (gebaut durch die Mitglieder des FV Olten), Tische und Stühle, eine Waspumpe, Küvetten und ein Fotoapparat bereitgestellt.



Abbildung 2: Zählbecken Winznau mit geöffnetem (links) und geschlossenem (rechts) Schütz. Bei geschlossenem Schütz strömt das Wasser über den Überfall links im Bild und durch das Zählbecken auf der rechten Seite.



Während dem ganzen Jahr war die 2018 entwickelte kombinierte Kehle im Einsatz (Abbildung 4). Kurz nach dem Start der Fischzählungen kam es wiederholt zur Verlegung der Kehle mit Geschwemmsel. Hauptursache waren grössere Mengen an Algenbüscheln (*Cladophora sp.*), die trotz Tauchwand am Einlauf der FAH in das Umgehungsgerinne und von dort in das Zählbecken gelangten. Als Folge wurde einerseits die Netzkehle so zusammengedrückt, dass eine freie Passage für die Fische nicht mehr möglich war. Andererseits stieg der Wasserpegel im Zählbecken, so dass höhere Fliessgeschwindigkeiten im Einstieg und in Extremfällen ein Überlaufen des Zählbeckens die Folge waren. Als Gegenmassnahme wurde im ersten Schritt ein Tauchbalken vor dem Einlauf ins Zählbecken montiert (Abbildung 4). Da dies nicht genügte, um das Geschwemmsel abzuweisen, wurde anschliessend ein Gitter mit einer Maschenweite von 2 cm montiert. Dieses wurde bei Bedarf manuell gereinigt. Mit dem zusätzlichen Gitter konnte der Geschwemmselanfall im Becken ausreichend dezimiert werden um ein Verstopfen der Kehle zu verhindern.



Abbildung 4: Kombinierte Kehle. Die Netzkehle wird mit einem Rahmen am Metall befestigt und mit Schnüren nach vorne aufgespannt.



Abbildung 4: Tauchbalken und Rechen (vor dem Einbau des feinmaschigen Gitters) vor dem Einlauf ins Zählbeckens (Bildmitte links)

Die Fischzählung wurde durch Mitglieder des FV Olten durchgeführt. Die Fischer wurden vor Beginn der Fischzählung an zwei Informationsanlässen geschult. Neben den vorkommenden Arten, die im Detail und anhand von Fotos und toten Fischen besprochen wurden, wurde das Vorgehen bei der Zählung und die korrekte Protokollierung aller Daten thematisiert. Die Fischer teilten sich anschliessend selber in Teams à zwei Personen auf, die jeweils eine Woche lang zählten. Bei hohem Fischaufkommen wurden die Teams vergrössert. Die Fischzählungen wurden zu Beginn einmal wöchentlich, später in der Regel alle zwei Wochen, durch die FishConsulting GmbH begleitet.

Das Zählbecken wurde vom 01.05.2019 – 01.05.2020 grundsätzlich jeden zweiten Tag in Betrieb genommen und nach jeweils rund 24 h geleert. Die gefangenen Fische wurden gezählt, bestimmt und in Grössenklassen à 5 cm eingeteilt. Anschliessend wurden die Tiere im Oberwasser des Wehrs ausgesetzt. Zudem wurde die Dauer der Fischzählung notiert um (neben der Vergütung der einzelnen involvierten Personen) den Gesamtaufwand für die Fischzählung bestimmen zu können.



An sechs Tagen konnten wegen der grossen Anzahl Fische und/oder fehlenden Personalressourcen nicht alle Fische in Art und Grössenklassen unterteilt werden. An diesen Tagen wurden zwar alle Fische gezählt, aber nicht von allen Individuen unter 15 bzw. 20 cm die Art und Grössenklasse notiert. Für die weitere Analyse wurden diese Fische anhand des repräsentativen Anteils der je 5 vorgängigen und nachfolgenden Zähltag in die jeweiligen Arten und Grössenklassen eingeteilt.

Übersicht der verschiedenen Tagesbezeichnungen:

- «Zähltag»: Tage an denen das Becken in Betrieb stand. In der Regel jeweils von ca. 17:00 bis 17:00, es gilt das Datum, an dem gezählt wurde (01.05.2019, 03.05.2019 etc.)
- «Zwischentage»: Tage an denen das Becken nicht in Betrieb stand und keine (reguläre) Zählung stattfand (02.05.2019, 04.05.2019 etc.)
- «Kontrolltag»: Zwischentage, an denen ausserhalb des normalen Rhythmus zusätzlich gezählt wurde, um das Zählkonzept zu validieren (insgesamt zehn Tage, z. B. 03.07.19, 05.07.2019)

3.2.3 Einfluss von Umweltfaktoren

Der Einfluss verschiedener Umweltfaktoren auf die Fangzahlen aller Arten zusammen, der zehn häufigsten Arten sowie der fischereilich interessanten Bachforellen und Äschen wurde mit einer schrittweisen multiplen Regression getestet. Vor der Regressionsanalyse wurden die Fangzahlen als $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

Folgende Faktoren wurden im Modell berücksichtigt:

Tagesnummer	Anzahl Tage seit dem 21. Dezember (kürzester Tag des Jahres)
Wassertemperatur	Mittlere Wassertemperatur (gemessen mit einem VEMCO-Logger im Umgehungserinne unterhalb des Zählbeckens), von 17:00 am Tag der Beckenöffnung bis 17:00 am Zähltag
Δ Wassertemperatur	Differenz der mittleren Wassertemperatur zum Vortag (jeweils 17:00 – 17:00)
Abfluss Aare	Mittlerer Abfluss der Aare vor dem Wehr Winznau am Vortag der Zählung, berechnet aus den Abflussdaten von Aare (Station Murgenthal; BAFU), Pfaffnern (Station Vordemwald; Kt. AG), Wigger (Station Zofingen; BAFU), und Dünnern (Station Olten, Hammermühle; BAFU). Daten berücksichtigt bis 31.03.2020
Δ Abfluss Aare	Differenz des mittleren Abflusses der Aare zum Vortag
Abfluss RW	Mittlerer Abfluss in der Restwasserstrecke (Dotierwasser und Wehrüberfall), von 17:00 am Tag der Beckenöffnung bis 17:00 am Zähltag (Daten zur Verfügung gestellt von der Alpiq Hydro Aare AG)
Δ Abfluss RW	Differenz des mittleren Abflusses der Restwasserstrecke zum Vortag (jeweils 17:00 – 17:00)
Mondbeleuchtung	Prozentualer beleuchteter Anteil des Mondes (Vollmond entspricht 100 %; Datenbezug: www.timeanddate.de)



Mondphase	Mondphasen in vier Abschnitten von je 7 – 8 Tagen (Neumond/zunehmender Halbmond/Vollmond/abnehmender Halbmond)
Trübung	Trübung in drei Klassen (keine/leichte/starke Trübung), erhoben von den Fischern bei der Fischzählung

Die erste Analyse der Daten zeigte eine signifikante serielle Korrelation der Modellresiduen, wodurch die Bedingung der Unabhängigkeit der Datenpunkte für die Regressionsanalyse verletzt wird. Um dies zu korrigieren, wurden die Fangzahlen der vorgängigen Zählung in die endgültige Analyse mit aufgenommen (Binder et al. 2010). Korrelationen zwischen den einzelnen erklärenden Variablen wurden hingegen bewusst in Kauf genommen, da nicht deren einzelne Einflussgrößen, sondern die allgemeine Möglichkeit zur Berechnung der Aufstiegszahlen anhand eines Modells im Vordergrund standen.

Die verschiedenen Faktoren wurden schrittweise, anhand des Signifikanzniveaus und des AIC (*Aikaike Information Criterion*) in ein lineares Regressionsmodell aufgenommen. Für die Faktoren Wassertemperatur, Abfluss Restwasserstrecke und Abfluss Aare wurden quadratische Terme in die Regression integriert, wenn der Einfluss des Umweltfaktors auf die Fangzahlen durch eine kurvenförmige Funktion besser beschrieben wurde als durch einen linearen Zusammenhang. Die finalen Modelle wurden mit dem Durbin-Watson-Test (Savin & White 1977) auf serielle Autokorrelation untersucht.

Alle statistischen Analysen wurden in R (R Development Core Team 2013) durchgeführt.

3.2.4 Videomonitoring an Zwischentagen

Um einen allfälligen Scheucheffekt beim Einstieg in das Zählbecken zu überprüfen, wurde zweimal, im September und April, eine Videokamera im Umgehungsgerinne (oberhalb des Schiebers neben dem Zählbecken) montiert (Abbildung 5). Die Kamera zeichnete die Fischbewegungen an mehreren Zwischentagen (Zählbecken nicht in Betrieb) mittels *Motion Detection* auf. Anschliessend wurde für beide Zeitperioden jeweils der Tag mit den besten Sichtbedingungen ausgewertet (12./13.09.2019, 01./02.04.2020), d. h. alle auf- und absteigenden Fische gezählt und wenn möglich auf die Art bestimmt (i. d. R. ab ca. 15 cm, je nach Distanz zur Kamera und den Lichtverhältnissen). Das verwendete Infrarotlicht reichte wegen dem grossen Querschnitt des Durchgangs und der relativ hohen Wassertiefe nicht aus, um die Fische während der Nacht qualitativ zu erfassen. Die Auswertung war deshalb nur tagsüber und während der Dämmerung möglich.

Die nachgewiesenen Arten wurden mit denen der Fischzählungen am Vor- und Folgetag der Videoanalyse verglichen. Dabei wurde insbesondere auf grosse Fische, bodenorientierte Kleinfischarten (Groppe, Schmerle, Steinbeisser) und Äschen geachtet, da diese 2018 beim Einsatz der Kehle nicht oder nur sehr selten gefangen wurden. Die Anzahl aufsteigender Fische lässt sich hingegen nur begrenzt mit den im Zählbecken gefangenen Fische vergleichen, da mit der Videoanalyse nur ein Teil der aufsteigenden Fische erfasst wurde.

3.2.5 Elektrische Befischung Restwasserstrecke und FAH

An zwei Terminen (28.08. und 22.11.2019) wurden jeweils zwei Uferstreifen in der Restwasserstrecke sowie der untere Teil des Umgehungsgerinnes mit einem stationären Elektrofanggerät (Grassl EL 64_II, 7 kW) befischt. Am 25.06.2020 wurden zusätzliche Stellen in der Restwasserstrecke mit einem tragbaren Rückengerät (Grassl ELT 60-II 1.3 kW) befischt, um weitere Habitatstypen abzudecken.



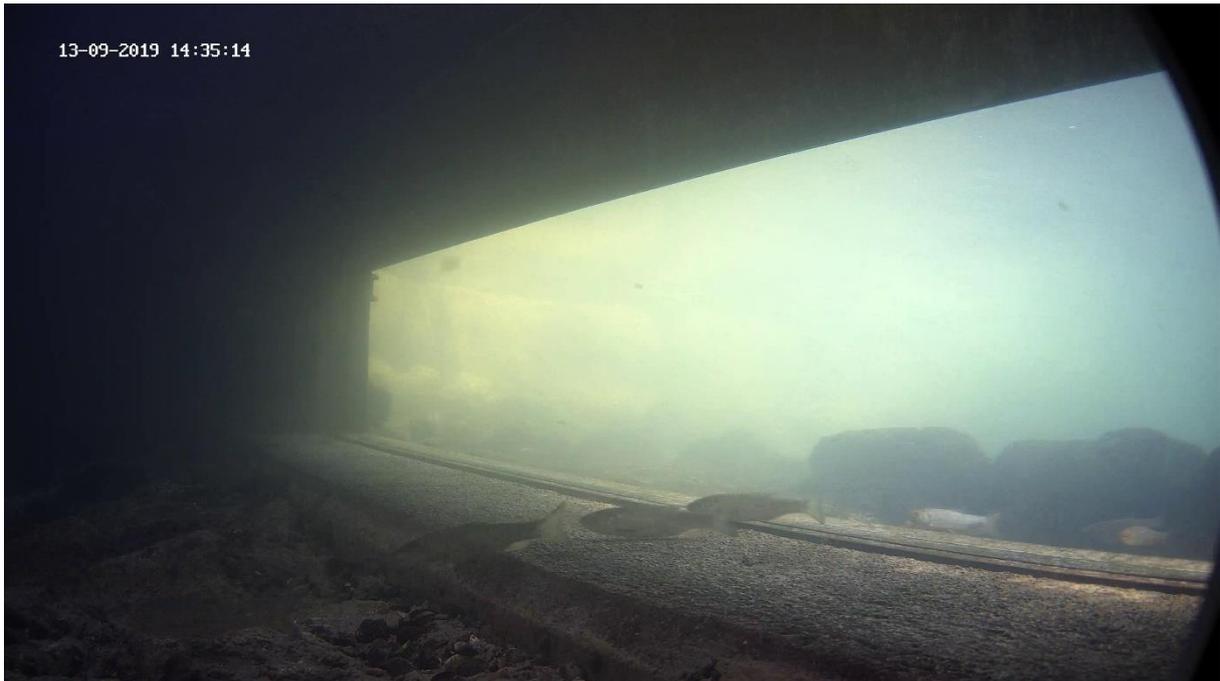


Abbildung 5: Ansicht des von der Kamera gefilmten Bereichs in der FAH Winznau. Die Betonschwelle bildet den Abschluss des Schützes zur Verschlussung des Gerinnes bei Betrieb des Zählbeckens (Fließrichtung von links nach rechts).

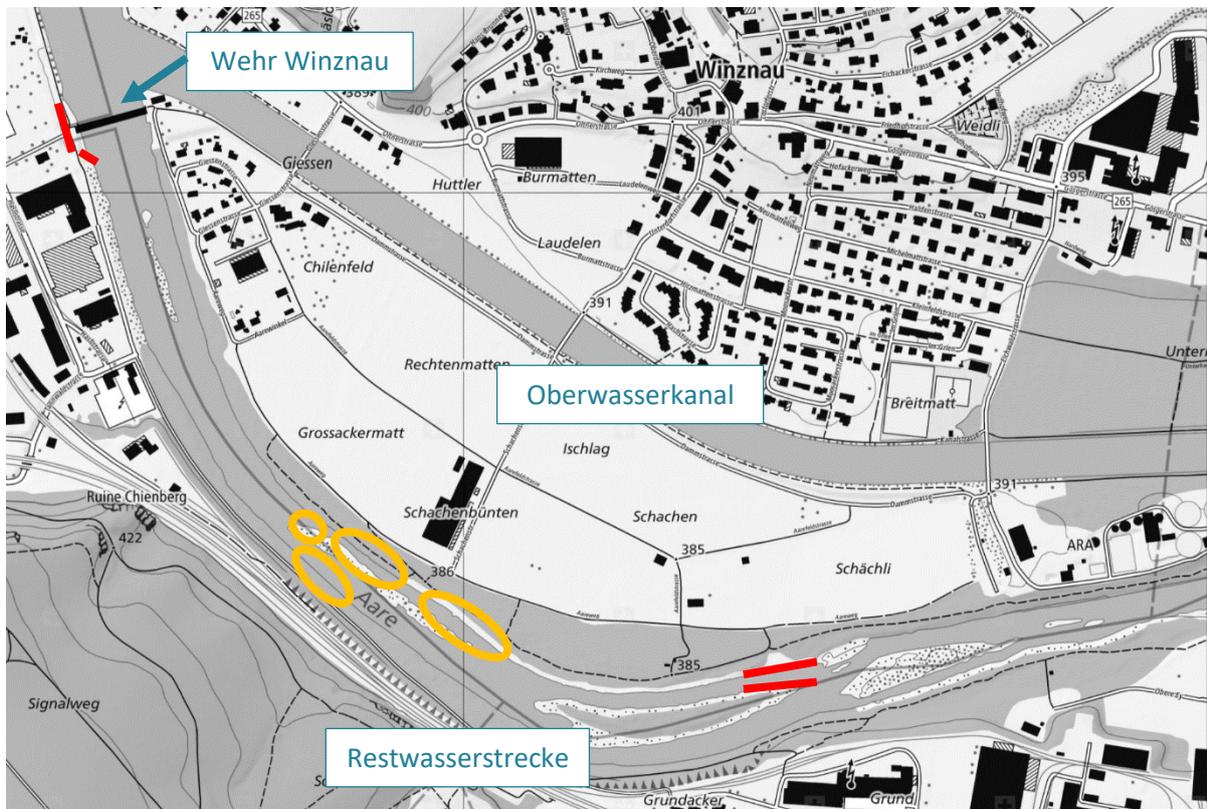


Abbildung 6: Lage der besuchten Stellen vom 28.08.2019, 22.11.2019 (rot) und 25.06.2020 (orange). Karte: swisstopo (www.map.geo.admin.ch), verändert



Folgende Strecken wurden am 28.08. und 22.11.2019 befischt (Abbildung 7):

- Restwasserstrecke: Seitenarm linksufrig (2'637'453, 1'245'358), Flachwasserzone und Uferbereiche mit überhängender Vegetation (50 m)
- Restwasserstrecke: Seitenarm rechtsufrig (2'637'488, 1'245'344), Riffle zum Hauptarm und Ufer mit Raubäumen (60 m)
- Umgehungsgerinne: Arm zum unteren Einstieg (2'636'500, 1'246'039), relativ kleine und flache Becken (20 m)
- Umgehungsgerinne: Oberhalb der Aufteilung in zwei Arme bis zum Zählbecken (2'636'47, 1'246'055), grössere und tiefere Becken (55 m)



Abbildung 7: Befischte Strecken vom 28.08. und 22.11.2019. Links: Restwasserstrecke; Rechts oben: FAH Arm zum unteren Einstieg; Rechts unten: FAH unterhalb Zählbecken



Folgende Stellen in der Restwasserstrecke wurden am 25.06.2020 befischt (Abbildung 8):

- Seitenarm unterer Abschnitt (2'636'997, 1'245'408, entspricht vom Habitat etwa den beiden 2019 befischten Strecken der Restwasserstrecke), flache Uferzonen mit überhängender Vegetation und Raubäulen, flacher Run in der Mitte
- Seitenarm oberer Abschnitt (2'636'845, 1'245'522), Riffle und Blockwurf mit langsamer Strömung
- Inselkopf (2'636'796, 1'245'548), angeströmter Blockwurf, mittlere Tiefe
- Hauptarm rechte Uferseite (2'636'767, 1'245'520), stark angeströmter Blockwurf, tief

Alle gefangenen Fische wurden betäubt, bestimmt und gemessen. Zusätzlich wurden ihre Verletzungen auf die gleiche Weise erhoben wie bei den im Zählbecken gefangenen Fischen um die Verletzungen durch die Fangrichtung mit allfälligen Vorschädigungen vergleichen zu können (s. u).



Abbildung 8: Befischte Stellen vom 25.06.2020. Oben: Seitenarm unterer Abschnitt; Mitte: Blockwurf im Seitenarm, Vermessung der Fische; unten: Blockwurf im Hauptarm (links) und Inselkopf (rechts)



3.2.6 Analyse der Fischverletzungen

2018 waren die Verletzungen von Fischen, die in den Retentionsversuchen verwendet wurden, erhoben worden. Da teilweise starke Verletzungen und tote Fische vorkamen (Wilmsmeier et al. 2018), wurden vor Beginn der Zählung von 2019 Massnahmen gegen die schwersten Verletzungen getroffen: Die Gitterabdeckung wurde mit einem feinmaschigen Netz abgedeckt, damit keine Fische mehr auspringen und auf dem Gitter oder neben dem Zählbecken am Boden landen konnten. Zusätzlich wurde die Abdeckung beim Einlauf mit einer dicken Schaumstoffmatte gepolstert, um Kopfverletzungen von springenden Fischen zu vermeiden. Die Fangrinne wurde beidseits mit einsetzbaren Brettern versehen. Diese konnten bei höheren Fischdichten eingesetzt werden, um ein Ausspringen der Fische aus der Fangrinne auf den rauen Betonböden zu verhindern. Die Ideen wurden grösstenteils von Betriebsmitarbeitern des KW Gösgen (Alpiq Hydro Aare AG) umgesetzt.



Abbildung 9: Massnahmen gegen Fischverletzungen: Ein feinmaschiges Netz (links, gelb) gegen das Auspringen von Fischen, Schaumstoffmatten (rechts, grau) gegen Kopfverletzungen. Die blauen Bretter im linken Bild können in Schienen neben der Fangrinne eingesetzt werden, damit die Fische nicht mehr aus dieser entweichen können (vgl. rechtes Bild).

Die Verletzungen der Fische wurden an fünf Tagen mit unterschiedlichem Fischaufkommen (10.07., 18.07., 07.08., 13.08. und 10.10.2019) methodisch erhoben (inkl. Betäubung der Fische). Dabei wurde einerseits der grobe Schweregrad der gesamten Verletzungen pro Fisch in vier Klassen (keine/leicht/mittel/schwer, gem. Erhebung 2018), andererseits die genaue Art und Schwere einzelner Verletzungen (gem. Mueller et al. 2017) erhoben. Die gleichen Parameter wurden auch bei den in der Restwassertrecke und der FAH elektrisch gefangenen Fische erhoben. Anschliessend wurden die Verletzungen vom Zählbecken 2019 mit denen von 2018 (Wirkung der getroffenen Massnahmen) und denen der Restwasserstrecke (Vorschädigung der Fische) verglichen.



3.3 Resultate Teilprojekt 1

3.3.1 Fischzählung

Insgesamt wurden am Wehr Winznau an 181 Zähltagen 102'541 Fische gezählt, d. h. durchschnittlich 567 Fische pro Tag (inkl. Kontrolltage (vgl. Box S. 13): 107'075 Fische an 191 Zähltagen, durchschnittlich 561 Fische pro Tag). Dabei variierten die Fangzahlen deutlich saisonal, mit einem Minimum von durchschnittlich einem Fisch/Tag im Januar und einem Maximum von 2'081 Fischen/Tag im September. Die täglichen Fangzahlen schwankten zum Teil um mehrere Tausend Fische zwischen zwei Tagen bzw. Zählungen. Am meisten Fische wurden mit 8'274 Individuen am 24.10.2019 gezählt. Damit wurde der bisherige Rekord von 10'233 Fischen vom 04.09.2018 (Wilmsmeier et al. 2018) nicht erreicht.

Von gegen 35 in der Aare vorkommenden Arten (Fahrni & Witschi 2019) wurden 26 im Zählbecken nachgewiesen, wobei sich deren Zusammensetzung im Laufe des Jahres verändert (Abbildung 11). Mit grossem Abstand am häufigsten waren die Alet, gefolgt von Barben, Rotaugen und Schneidern. Es wurden sowohl rheophile Arten wie Bachforellen und Äschen, Schwachschwimmer wie kleine Rotaugen, Rotfedern oder Schleien als auch sohlgebundene Arten wie Schmerlen und Groppen gefangen. Die meisten Arten wurden in den Monaten Juni bis August nachgewiesen.

Wie aus dem Längen-Histogramm ersichtlich wird, wies die grosse Mehrheit der gefangenen Fische eine Länge von 5 - 15 cm auf (Abbildung 10). Dabei handelte es sich in erster Linie um Jungfische der Arten Alet, Rotaugen und Barben, neben Kleinfischarten wie dem Schneider.

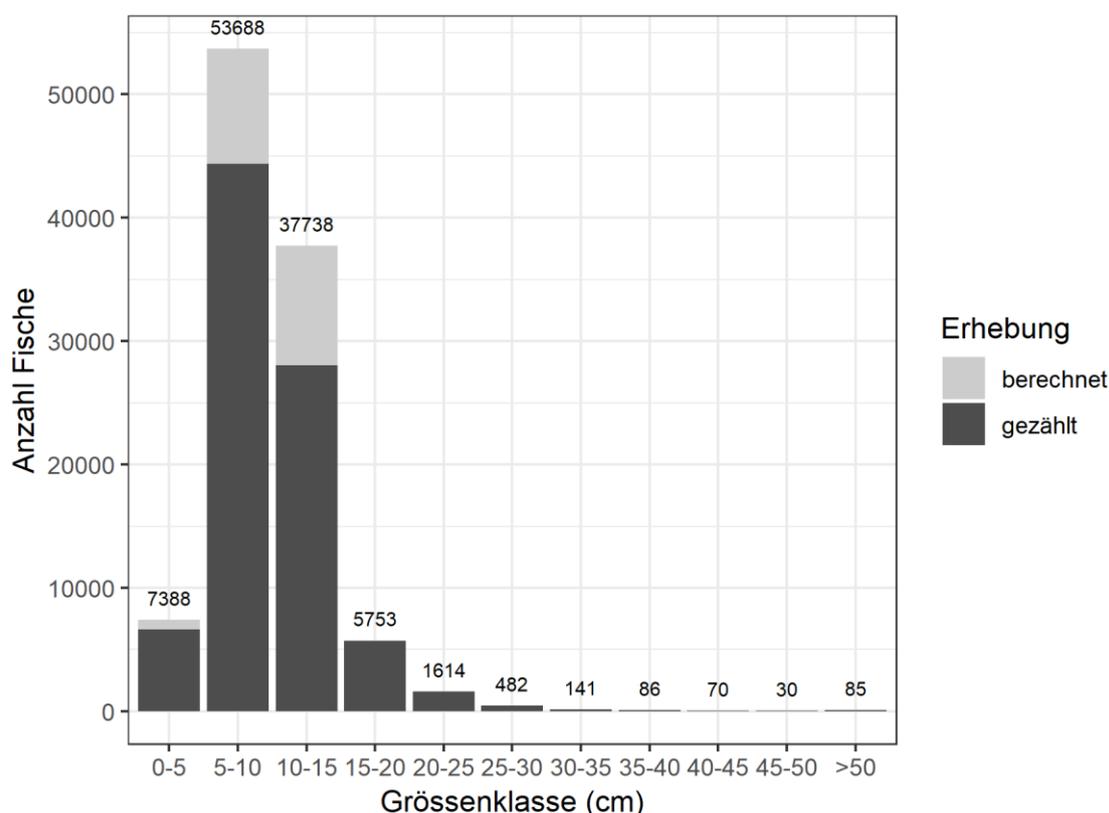


Abbildung 10: Längen-Histogramm der im Zählbecken gefangenen Fische. Die Zahlen über den Balken beschreiben das Total pro Grössenklasse. Die Aufteilung unbestimmter Fische (Tage mit sehr hohen Fangzahlen) auf die Grössenklassen wurde anhand des Durchschnitts der umliegenden Zähltage berechnet.



Tabelle 1: Übersicht über die Fangzahlen der Fischeaufstiegszählung am Wehr Winznau 2019/2020. Die zehn Kontrolltage (4'534 Fische) sind in dieser Übersicht enthalten.

		Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Total
Alet	<i>Squalis cephalus</i>	43	199	255	3'641	20'217	9'223	96	113	1	25	10	20	33'843
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	31	286	6'786	7'544	1'139	2'422	130	8	1	2	5	23	18'377
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	3	62	1'020	5'558	6'013	1'235	437	45	4	11	6	2	14'396
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	19	119	2'804	3'916	1'238	544	65	9	3	1	1	22	8'741
Egli	<i>Perca fluviatilis</i>	24	309	1'717	1'045	566	733	2	1					4'397
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>		22	922	856	1'585	179	23					1	3'588
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	3	68	186	857	304	309	8	6		1			1'742
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>		3	279	50	311	139	13	11			1		807
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	1	72	84	271	35	35	6		2	1		1	508
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	1	41	421	31	2								496
Rotfeder	<i>S. erythrophthalmus</i>		9	10	28	72	3							122
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	5	12	6	4	3	11							41
Bachforelle	<i>Salmo trutta</i>	2	2	2			1	7	4	9	2	3	1	33
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	1	1	9	16	1	1					1		30
Groppe	<i>Cottus gobio</i>			3		1	2	1	1	2	3	7	1	21
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>		8	5	4									17
Brachmen	<i>Abramis brama</i>		1	6	4	1	2		1					15
Wels	<i>Silurus glanis</i>	2	3	4	4	1								14
Stichling	<i>Gasterosteus gymurnus</i>	1	1									1	9	12
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>		1	2	2	1	1							7
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>		1	1	4									6
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>		1	2										3
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>			3										3
Felchen	<i>Coregonus sp.</i>				1									1
Hecht	<i>Esox lucius</i>												1	1
Trüsche	<i>Lota lota</i>						1							1
Unbestimmt					2'716	5'976	11'161							19'853
Total		136	1'221	14'527	26'552	37'466	26'002	788	199	22	46	35	81	107'075
Anzahl Zähltag		16	14	18	16	18	15	15	18	15	15	15	16	191
Durchschnittlicher Tagesfang		9	87	807	1'660	2'081	1'733	53	11	1	3	2	5	561
Anzahl Arten		13	21	22	19	17	17	11	10	7	8	9	10	26



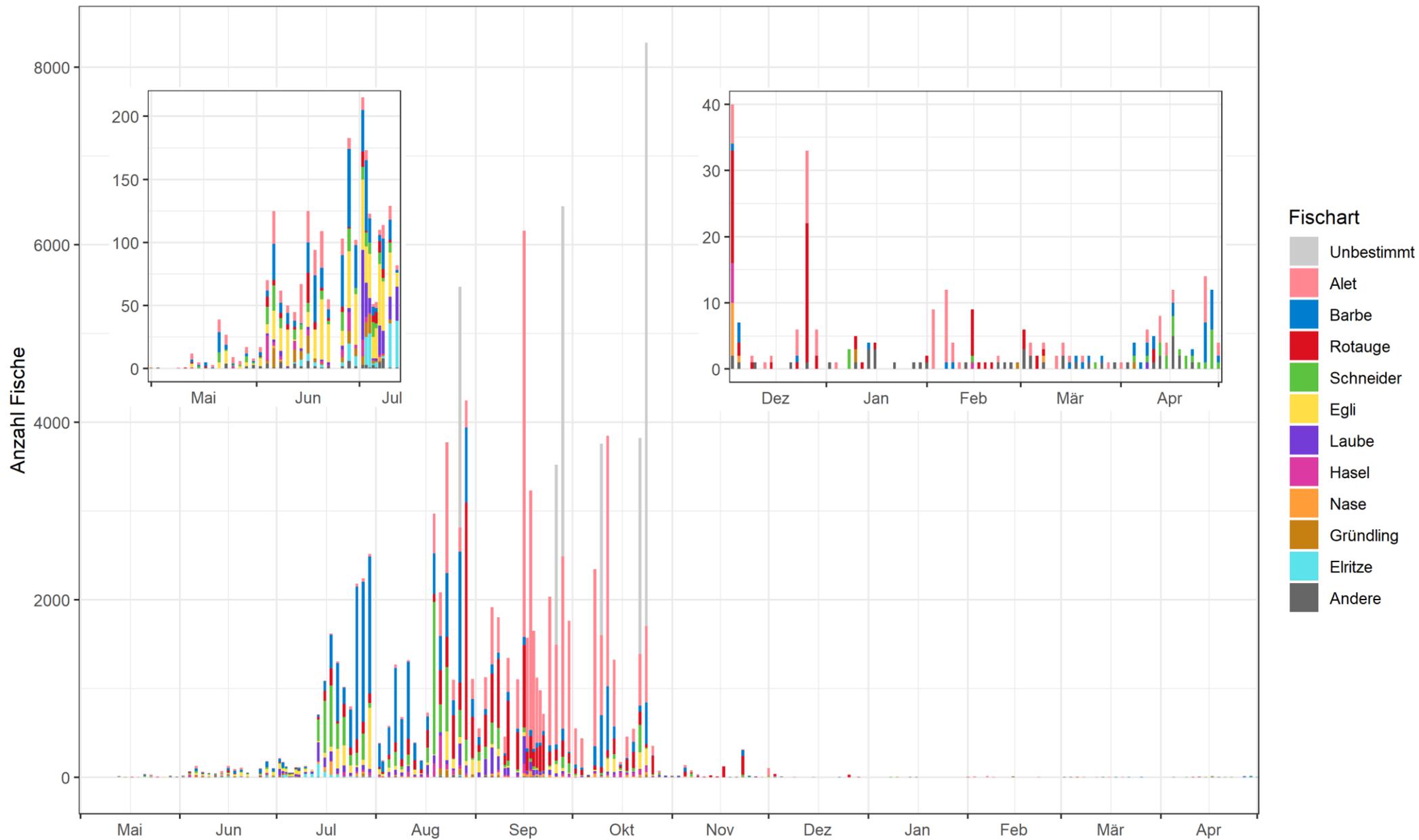
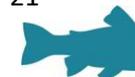


Abbildung 11: Tägliche Fangzahlen der 10 häufigsten Arten. Zur besseren Lesbarkeit sind die Zeiträume Mai - Mitte Juli und Dezember - April zusätzlich mit angepassten Ordinatenachsen dargestellt.



Ergebnisse der Fischaufstiegszählung

- Am Wehr Winznau wurden an 181 Zähltagen 102'541 Fische von 26 verschiedenen Arten gezählt. Dies ergibt einen täglichen Fischaufstieg von durchschnittlich 567 Fischen.
- Die meisten Fische stiegen von August bis Oktober auf. Der Tagesrekord waren 8'274 Individuen am 24.10.2019.
- Die meisten Fische waren zwischen 5 und 15 cm lang, der grösste gefangene Fisch war ein Wels von 140 cm. Die häufigsten Arten waren Alet, Barben und Rotaugen.

3.3.2 Aufstiegsmuster der wichtigsten Arten

Im Folgenden werden die Aufstiegsmuster der häufigsten zehn Arten (Fotos s. Abbildung 12), sowie der fischereilich bedeutsamen Forellen und Äschen beschrieben. Die zugehörigen Graphiken, inklusive der Unterteilung in Grössenklassen, befinden sich im Anhang.

Alet: Die Hauptwanderung der Alet fand im September und Oktober statt, mit grossen kurzzeitigen Schwankungen. Dabei handelte es sich vor allem um Jungfische mit Grössen unter 20 cm. Adulte Fische wanderten vor allem, aber in deutlich geringeren Stückzahlen, von Mitte Mai bis Mitte Juli, ab Temperaturen von 12 °C.

Barbe: Die Hauptwanderung der Barben fand von Mitte Juli bis Ende August statt. Dies entspricht der Zeit mit der höchsten Wassertemperatur von durchschnittlich 20.7 °C. Dabei handelte es sich vor allem um Jungfische mit Grössen unter 20 cm. Nach einer Zeit mit vergleichsweise wenig aufsteigenden Fischen bei tiefem Aarewasserstand im September kam es im Oktober noch einmal zu einzelnen Peaks mit mehreren hundert Fischen. Eine Häufung von sehr grossen wandernden Fischen fand in der ersten Junihälfte statt.

Rotaug: Rotaugen stiegen vor allem von Mitte August bis Ende September auf, mit einem zusätzlichen kleinen Peak in der zweiten Oktoberhälfte. Dabei handelte es sich zu 97 % um Jungfische unter 15 cm.

Schneider: Die meisten Schneider stiegen in einem kleineren Peak in der zweiten Julihälfte und einem grösseren in der zweiten Augushälfte, bei Durchschnittstemperaturen von 21.2 °C, auf.

Egli: Die meisten Egli wurden Ende Juli, Ende August und Mitte Oktober gefangen, mit Ausftiegspeaks von jeweils ein bis zwei Fangtagen. 16 % der Fische wurden an einem einzigen Tag mit erhöhtem Aareabfluss, dem 30.07.2019, gefangen. Bis auf zwei Individuen im November und einem im Dezember stiegen im Winter und Frühjahr (bis zum Ende der Zählung Ende April) keine Egli auf.

Laube: Lauben stiegen ausschliesslich von Juni bis Anfangs November auf, vor allem im September, gefolgt von Juli und August, bei minimalen Abflussmengen in der Restwasserstrecke.

Hasel: Hasel wurden zum grössten Teil von Juli bis Oktober gefangen, mit einem einzelnen Peak im August. Hier wurden an einem einzigen Tag mit starker Trübung 21 % aller aufgestiegenen Hasel gezählt. Diese Art ist für Laien, besonders als Jungfisch, schwierig zu bestimmen und kann leicht mit Rotaugen oder Alet verwechselt werden. Gerade bei Tagen mit hohen Gesamtfangzahlen ist es deshalb gut möglich, dass aufsteigende Hasel nicht als solche gezählt wurden. Die Fangzahlen sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren.



Nase: Von den vom Aussterben bedrohten Nasen wurden 807 Individuen gefangen, davon die meisten mit Längen zwischen 10 - 20 cm. Neben einem ersten grossen Peak Mitte Juli fand der Hauptaufstieg im September statt. Während beiden Phasen lag der Abfluss der Aare bei einem tiefen Niveau. Kleinere Individuen (<10 cm) wurden mehrheitlich zu Beginn des Aufstiegs in der zweiten Julihälfte gefangen. Grosse Adulttiere auf Laichwanderung konnten keine festgestellt werden.

Gründling: Die Hauptaufstiegszeit des Gründlings lag in der zweiten Augushälfte. 30 % aller Gründlinge stiegen an zwei aufeinander folgenden Zähltagen mit hohem Aare- und Restwasserabfluss auf.

Elritze: Elritzen wurden fast ausschliesslich von Juni bis August gefangen, wobei die Fangzahlen bis zu einem sehr deutlichen Peak Mitte Juli anstiegen und danach wieder abnahmen.

Bach-/Flussforelle: Von den atlantischen Forellen wurden jeweils nur einzelne Exemplare pro Tag gefangen, mit einer Häufung in den Wintermonaten von November bis Januar, bei Temperaturen von 5 – 12 °C. Vier der 33 Fische stiegen im Sommer auf (Ende Juni/Anfangs Juli), bei durchschnittlichen Temperaturen von 21 °C.

Äsche: Bei den Äschen sind zwei Tage mit sieben (Ende Juli) und 13 aufsteigenden Tieren (Ende August) auffällig. Beide Wanderpeaks fanden bei erhöhtem Wasserstand in Aare und Restwasserstrecke statt (ausgeprägter im August). Ansonsten wurden jeweils nur einzelne Individuen gefangen. Vermehrte Wanderaktivitäten zur Laichzeit (März/April) konnten nicht festgestellt werden; im Gegenteil, in dieser Zeit wurde nur ein Individuum gezählt.



Abbildung 12: Im Zählbecken Winznau gefangene Fische. Abgebildet sind die zehn häufigsten Arten (von oben links: Alet, Barbe, Rotauge, Schneider, Egli, Laube, Hasel, Nase, Gründling, Elritze).



3.3.3 Einfluss der Umweltfaktoren

Die mittlere Wassertemperatur lag im untersuchten Zeitraum zwischen 5.1 und 23.5 °C, mit einem Maximum am 28.07.2019 und einem Minimum am 22.01.2020 (Tabelle 2, Abbildung 13, oben). Die Abflussmenge der Aare unterlag starken kurzfristigen Schwankungen, es traten jedoch keine grösseren Hochwasser auf. Die Mindestwassermenge lag bei 119.9, während einer Periode mit tiefem Abfluss im September. Der maximale Abfluss lag bei 593.9 m³/s am 12.06.19 (Tabelle 2). Der Abfluss in der Restwasserstrecke wird von den vorgeschriebenen Mindestrestwassermengen (7.5 – 15 m³/s, je nach Saison) bestimmt. Bei hohem Aarewasserstand wird zusätzliches Wasser über die Wehrfelder in die Restwasserstrecke geleitet. So kommt es zu einer konstanten Mindestwassermenge mit sehr schnell ansteigenden und abklingenden Abflussspeaks (Abbildung 13, unten).

Tabelle 2: Übersicht einiger Umweltfaktoren während der Fischaufstiegszählung 2019/2020

	Min	Max	Mittelwert
Wassertemperatur (°C)	5.1	23.5	13
Abfluss RW (m³/s)	7.5	265.1	29.9
Abfluss Aare (m³/s)	119.9	593.9	298.8

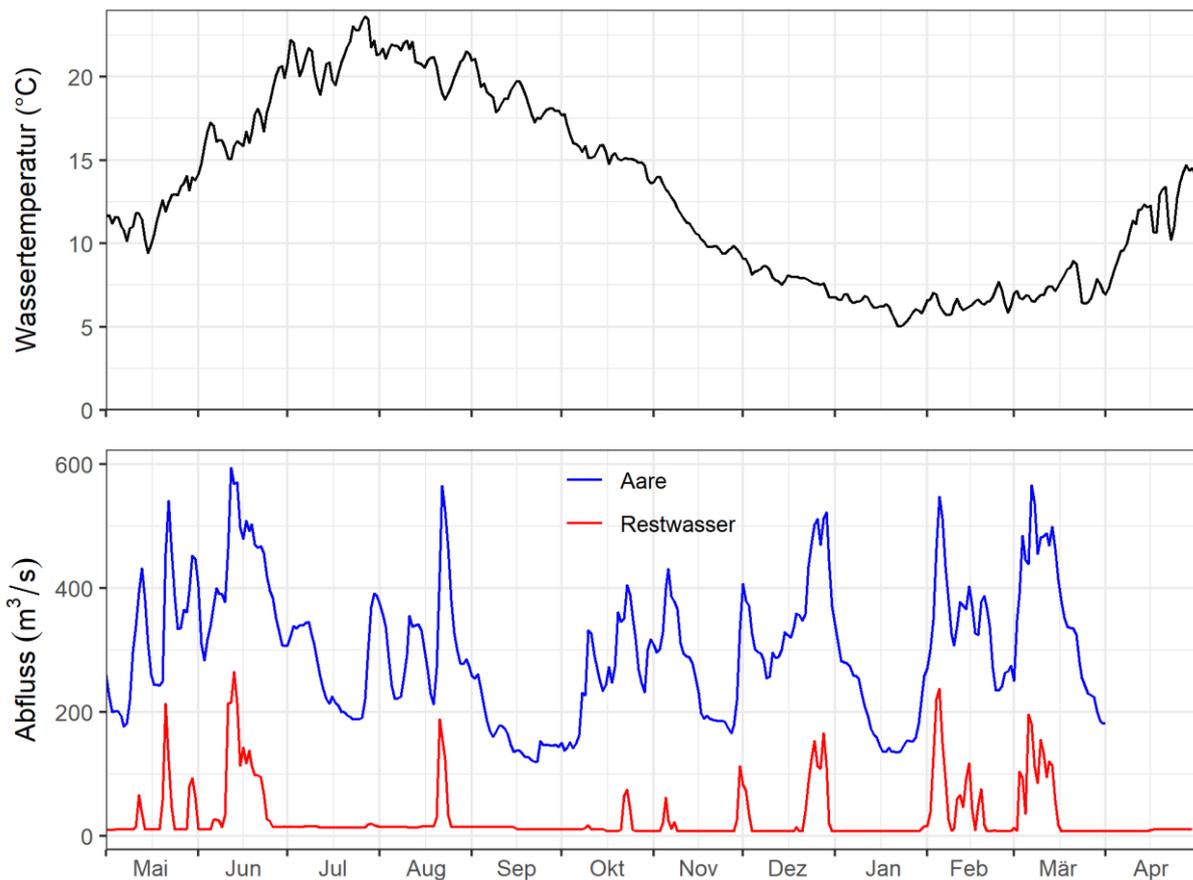


Abbildung 13: Verlauf der Wassertemperatur (oben) sowie des Abflusses (unten) der Aare (blau) und der Restwasserstrecke (rot) im Untersuchungszeitraum. Verwendet wurden jeweils die Tagesmittelwerte.



Je nach Fischart wurden die Fangzahlen von unterschiedlichen Umweltfaktoren beeinflusst. Signifikante Effekte wurden bei der Wassertemperatur sowie deren Änderung zum Vortag, beim Abfluss in der Restwasserstrecke, dem Abfluss der Aare sowie dessen Änderung zum Vortag und der Tagesnummer gefunden. Bei keiner Art konnten relevante Varianzen in den Fangzahlen durch die Faktoren Trübung, Mondbeleuchtung, Mondphase oder der Änderung des Abflusses der Restwasserstrecke erklärt werden.

Die finalen Modelle für die einzelnen Arten erklären zwischen 5.5 und 86.5 % der Varianz in den Fangzahlen (R^2). Während bei Arten mit hohen Fangzahlen ein Grossteil der Varianz mit den berechneten Modellen erklärt werden kann, sind es bei Arten mit wenig gefangenen Fischen (Bachforelle, Äsche) nur ein Bruchteil. Dies deutet darauf hin, dass der Gesamtaufstieg dieser Arten mit der verwendeten Methode bzw. den vorhandenen Informationen nicht genau berechnet werden kann. Tabelle 3 zeigt, welche Faktoren für die Aufstiegszahlen der einzelnen Arten relevant sind, deren Einflussgrösse (Koeffizientwert) sowie welcher Anteil der Varianz mit dem Modell beschrieben werden kann (R^2 , korrigiert für die Anzahl erklärender Variablen). Serielle Autokorrelation, die den Annahmen der linearen Regressionsanalyse zuwiderlaufen würde, wurde bei keinem der Modelle festgestellt.

Da die Fangzahl des vorgängigen Zähltags bei den meisten Arten bereits einen Grossteil der Varianz der Fangzahlen erklärt, können mit dem verwendeten Modell unter Umständen nicht alle relevanten Umweltfaktoren nachgewiesen werden. Auch die Einflussgrössen der signifikanten Variablen sind zum Teil sehr klein. Das Modell dient deshalb in erster Linie der Berechnung der Gesamtaufstiegszahlen, nicht der Beurteilung der Relevanz einzelner Faktoren auf die Fischwanderungen.

Tabelle 3: Übersicht der signifikanten Faktoren (eingefärbte Zellen) der verschiedenen Regressionsmodelle. Die Farbe der Zellen entspricht der Einflussgrösse (Koeffizientwert) der erklärenden Variabel (Vgl. Tabelle rechts). Signifikante quadratische Terme bezeichnen einen kurvenförmigen (statt linearen) Zusammenhang. Das Bestimmtheitsmass R^2 gibt an, wie gut die unabhängige(n) Variable(n) geeignet sind, die Varianz der Fangzahlen zu erklären (korrigiert für die Anzahl unabhängiger Variablen im Modell).

	Fangzahlen Vortag	Tagesnr.	(Tagesnr.) ²	Wassertemp.	(Wassertemp.) ²	Δ Wassertemp.	Abfluss RW	(Abfluss RW) ²	Abfluss Aare	Δ Abfluss Aare	R ² korrigiert
Total											0.861
Alet											0.791
Barbe											0.831
Rotauge											0.751
Schneider											0.71
Egli											0.688
Laube											0.804
Hasel											0.674
Nase											0.473
Gründling											0.32
Elritze											0.593
Bachforelle											0.064
Äsche											0.043

Koeffizientwerte	
-0.2 - 0	
0 - 0.2	
0.2 - 0.4	
0.4 - 0.6	
0.6 - 0.84	



3.3.4 Validierung des Zählkonzepts und Hochrechnung Fangzahlen

Das Schema der Zählung jeden zweiten Tag klappte in der Regel gut. An einzelnen Tagen kam es zu Verschiebungen wegen Feiertagen (z. B. 1. August, Weihnachten) oder einer ungenügenden Abstimmung beim Wechsel der Zählteams. Das Zählintervall wurde von den meisten Teilnehmern gut aufgenommen, da es im Gegensatz zu den täglichen Zählungen vom Vorjahr nicht bedeutete, dass während der Zählwoche jeder Abend reserviert werden musste. Einzelne Fischer hätten zu Beginn lieber täglich gezählt, um ganz genau zu wissen wie viele Fische am Wehr Winznau aufsteigen. Dies änderte sich jedoch bei einem Anstieg der Fangzahlen.

Die zweimalige Zählung pro Tag während der Hauptwanderzeit stellte sich in Winznau als nicht durchführbar heraus. Der Fischereiverein konnte in der relevanten Zeit nicht genügend Personal aufbieten, um morgens und abends zu zählen. Dabei waren vor allem die morgendlichen Zählungen ein Problem, da dafür nur Pensionäre in Frage kamen. Zudem erschwerten die hohen Schwankungen der Fangzahlen eine Planung der Einsätze.

Auch die stichprobenhafte Zählung funktionierte nicht wie geplant. Während einige Zählteams auch bei hohem Fischaufkommen darauf bestanden, alle Fische auf Art und Grösse zu bestimmen (bis zu > 6'000 Fische), verzichteten andere ab 3'500 Fischen darauf. Insgesamt wurden an sechs Tagen nicht alle Fische bestimmt. In diesem Fall wurde entgegen der Anweisungen keine repräsentative Stichprobe ausgezählt und die Gesamtzahl geschätzt. Stattdessen wurden von den «spezielleren» Fischen (grosse Individuen, einfach zu bestimmende oder fischereilich interessante Arten) alle Individuen in Art und Grössenklasse eingeteilt, während Fische unter 15 oder 20 cm Länge (je nach Zählteam und Fischdichte) nur gezählt wurden. Dies betraf vor allem die häufigen Alet, Rotaugen, Schneider und manchmal Barben. Unter den nur gezählten Fischen können sich aber auch seltenere, auf den ersten Blick für Laien nicht unterscheidbare Arten wie Hasel oder Nasen befunden haben.

Insgesamt wurden 594.5 Personenstunden für die Fischzählung aufgewendet. Inklusiv der Beckenschliessung am Vortag der Zählung (Annahme: 15 min) belief sich der Aufwand auf rund 640 Stunden (Anfahrtswege, Koordination und Administration sowie Auf- und Abbau der Zählstation nicht eingerechnet).

Vergleich Hochrechnung und Kontrolltage

An den zehn Kontrolltagen (zusätzlich ausgezählte Zwischentage) wurden insgesamt 4'534 Fische gezählt. Im Vergleich dazu wurden mit dem Durchschnitt der Zählungen an den Tagen davor und danach 8'136 (Durchschnitt von zwei Tagen), 7'843 (Durchschnitt von vier Tagen) oder 8'112 (Durchschnitt von zehn Tagen) Fische berechnet. Dies entspricht Abweichungen von 78, 73 und 118 % (Tabelle 4). Auch die Berechnung mit dem Modell des Gesamtaufstiegs lag mit 6'965 Fischen (54 % Abweichung) relativ weit neben den tatsächlich gezählten Fischen. Im Gegensatz dazu wurde die Gesamtaufstiegszahl mit der Summe der einzelnen Art-Modelle mit 4'759 Fischen (5 % Abweichung) sehr genau berechnet. Die durchschnittliche Abweichung pro Tag liegt bei dem Modell der einzelnen Arten mit 96.7 % jedoch deutlich höher als die des 2-Tages-Durchschnitts. Während die Gesamtzahl also relativ genau berechnet wurde, sind die Fehler des Modells bei einzelnen Tagen sehr hoch. Der 2-Tages-Durchschnitt schliesst mit einer durchschnittlichen Abweichung von 64 % von allen Berechnungen am besten ab. Die genauere Schätzung des Gesamtaufstiegs mit dem Modell der Arten rührt davon, dass die Fangzahlen einzelner Tage in der Summe etwa gleich stark über- wie unterschätzt werden. Bei der Berechnung der verschiedenen Durchschnittswerte wurden die Fangzahlen hingegen meist überschätzt. Bei der Berechnung des 2-Tages-Durchschnitts wird ein Tag mit +3'125 Fischen massiv überschätzt, was zu der grossen Abweichung der Gesamtberechnung führt.



Tabelle 4: Vergleich der Anzahl tatsächlich gezählter und mit verschiedenen Methoden berechneter Aufstiegszahlen an den zehn Kontrolltagen. Für das Modell «Summe der Arten» wurden die Anzahl Fische für die zehn häufigsten Arten berechnet und addiert.

Gezählt	Methode	Berechnet	Abweichung Total (%)	Durchschn. Abweichung pro Tag (%)
	Durchschnitt 2 Tage	8'136	79.4	63.6
	Durchschnitt 4 Tage	7'843	73.0	74.2
4'534	Durchschnitt 10 Tage	8'112	117.6	376.9
	Modell Total	6'965	53.6	101.0
	Modell Summe der Arten	4'759	5.0	96.7

3.3.5 Videomonitoring an Zwischentagen

Ausgewertet wurden der 12./13.09.2019 (16:00-20:00 und 07:00-15:20) und der 01./02.04.2020 (17:00-20:00 und 5:45-15:40). Während die Sicht im April sehr gut war, gab es im September eine leichte Trübung, so dass insbesondere kleinere Fische, die auf der der Kamera entgegengesetzten Seite des Durchlasses aufsteigen, nicht vollständig gezählt werden konnten. Bei starkem Gegenlicht um die Mittagszeit ist es ebenfalls möglich, dass der Bewegungssensor die Fische nicht erkannte und keine Videoaufnahme ausgelöst wurde.

Am 12./13.09. wurden 179 aufwärts wandernde Fische gezählt, als Arten bestimmt werden konnten Alet, Barben, Rotaugen und Schneider. 32 Fische wurden bei der Abwärtswanderung gezählt, neben den bereits genannten Arten zusätzlich je eine Laube und eine Bachforelle. Die Länge aller beobachteten Fische wurde, mit Ausnahme der Bachforelle (ca. 25 cm), auf unter 20 cm geschätzt. Alle nachgewiesenen aufsteigenden Fischarten konnten sowohl am Vor- als auch am Folgetag im Zählbecken nachgewiesen werden.

Am 01./02.04. wurde kein einziger Fisch im Videoquerschnitt erfasst. Dies obwohl sehr viele Videos aufgenommen wurden (Auslösung des Bewegungssensors durch Geschwemmsel). An den Tagen vor und nach der Videoanalyse wurde je ein Fisch (ein Alet, eine Bachforelle) im Zählbecken gefangen.

3.3.6 Elektrische Befischung Restwasserstrecke und FAH

Bei den elektrischen Befischungen wurden in der Restwasserstrecke insgesamt 1'195 Fische von 16 Arten gefangen. Bei einer Abfischung im Jahr 2014 wurden zusätzlich zu den 2019/20 gefangenen Arten noch die Äsche in der Restwasserstrecke nachgewiesen (Daten AJF Kt. SO, Befischung durch Aquatica GmbH). Im Umgehungsgerinne wurden 448 Fische von 10 Arten gefangen, wobei nur an zwei Terminen und nur eine kurze Strecke befischt wurde. Die Artzusammensetzung unterschied sich deutlich zwischen den einzelnen befischten Strecken, die relative Häufigkeit der gefangenen Arten auch zwischen den verschiedenen Befischungsterminen (Abbildung 14).



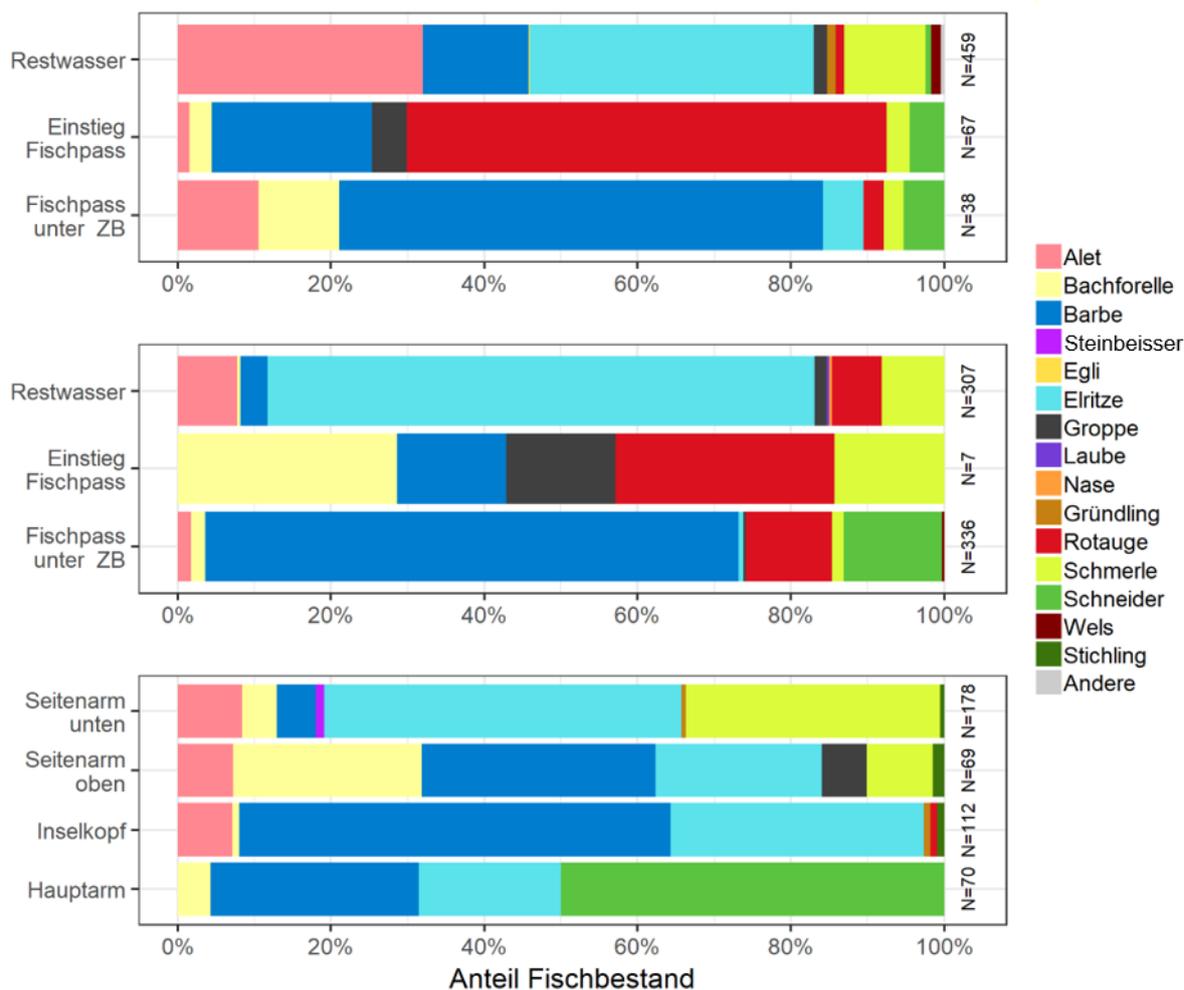


Abbildung 14: Artzusammensetzung der befischten Stellen am 28.08.2019 (oben), 22.11.2019 (Mitte) und 25.06.2020 (unten)

Von den Arten, die in der Restwasserstrecke gefangen wurden, wurden alle ausser dem Steinbeisser (*Cobitis bilineata*, Abbildung 15) auch im Zählbecken gefangen (Tabelle 5. Dieser wurde 2020 mit zwei Individuen in der Restwasserstrecke nachgewiesen (2014: Acht Individuen). In der FAH konnte er hingegen nicht nachgewiesen werden.



Abbildung 15: Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) aus der Restwasserstrecke Winznau



Tabelle 5: Übersicht der gefangenen Fischarten in der Restwasserstrecke (RW), der Fischaufstiegshilfe (FAH) und dem Zählbecken (ZB). Äsche und Gründling wurden in der FAH im Rahmen einer qualitativen Befischung (Projekt Flussforelle) nachgewiesen. Der Steinbeisser ist die einzige Art, die zwar in der Aare, aber nicht im Zählbecken gefangen wurde.

	Aal	Alet	Äsche	Bachforelle	Barbe	Blicke	Brachsen	Egli	Eiritze	Felche	Groppe	Gründling	Hasel	Hecht	Karpfen	Laube	Nase	Rotauge	Rotfeder	Schleie	Schmerle	Schneider	Sonnenbarsch	Steinbeisser	Stichling	Trüsche	Wels	Anzahl Arten
RW 2014		■	■	■	■			■	■		■	■									■	■		■	■			12
RW		■	■	■	■			■	■		■	■				■	■	■		■	■	■		■	■		■	16
FAH		■	■	■	■				■		■	■						■			■	■						10
ZB	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	26

3.3.7 Analyse der Fischverletzungen

Um zu überprüfen, ob mit den vorgenommenen Anpassungen (Abdeckung und Polsterung Gitter, Ausschwimmsperren an der Fangrinne) weniger Verletzungen auftreten als im Originalzustand (2018) wurden an 5 Tagen insgesamt 988 Fische aus dem Zählbecken auf Verletzungen untersucht. Die Daten von 2018 stammen von den Fischen, die für die Retentionsexperimente markiert und vermessen wurden (5 Tage, 919 Fische; Wilmsmeier et al. 2018).

Gesamthaft traten bei den untersuchten Fischen 2019 beinahe gleich viele Verletzungen der unterschiedlichen Schweregrade auf wie 2018 (2018: 27.4 % leichte, 2.8 % mittlere und 1 % schwere Verletzungen. 2019: 26.9 % leichte, 2 % mittlere, 0.2 % schwere Verletzungen). Da die Verletzungen jedoch stark artspezifisch sind, müssen sie für die Arten getrennt betrachtet werden. Die Verletzungsraten wurden für Arten mit mind. 30 untersuchten Fischen pro Jahr (Alet, Barbe, Egli, Laube, Rotauge und Schneider) unterschieden. Dabei zeigt sich ein durchmischtes Bild: Während bei den Alet weniger verletzte Fische und insbesondere weniger mittel und schwer verletzte Individuen registriert wurden, blieben die Verletzungsraten der Schneider gleich. Bei Barben, Egli, Lauben und Rotaugen wurde gar eine Zunahme der leicht verletzten Fische registriert, dafür gab es bei den Lauben 2019 keine schwer verletzten Tiere (**Abbildung 17**). Weitere Unterschiede zeigen sich in der Art der Verletzungen: Während fehlende Schuppen und Kopfverletzungen bei Alet, sowie Verletzungen der Flossen bei Lauben und Schneidern abnahmen, wurden 2019 deutlich mehr fehlende Schuppen bei Lauben, Rotaugen und Schneidern registriert (Abbildung 18).



Abbildung 16: Beispiele für im Zählbecken festgestellte Fischverletzungen. Von oben links: Alet mit Schürfung im Kopfbereich, Rotauge und Alet mit flächigen Schuppenverlusten



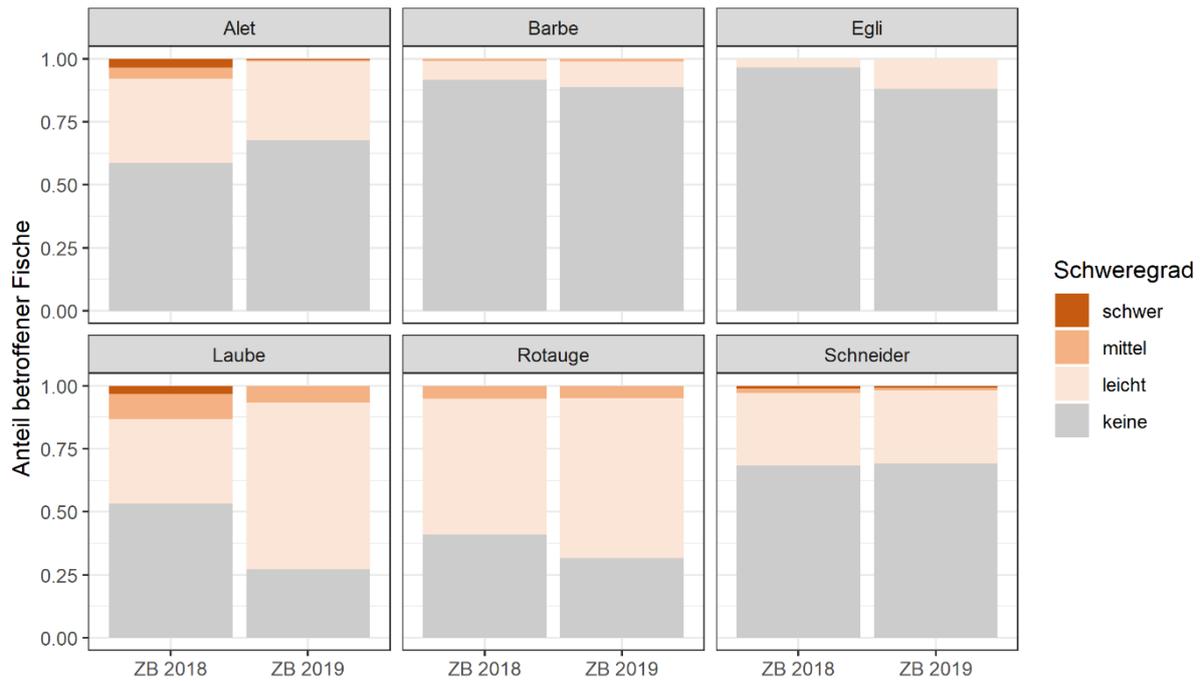


Abbildung 17: Vergleich des Anteils verletzter Fische zwischen 2018 (Zählbecken im Originalzustand, mit kombinierter Kehle) und 2019 (Zählbecken mit Massnahmen gegen Auspringen und Kopfverletzungen) für die Fischarten mit je mindestens 30 untersuchten Individuen

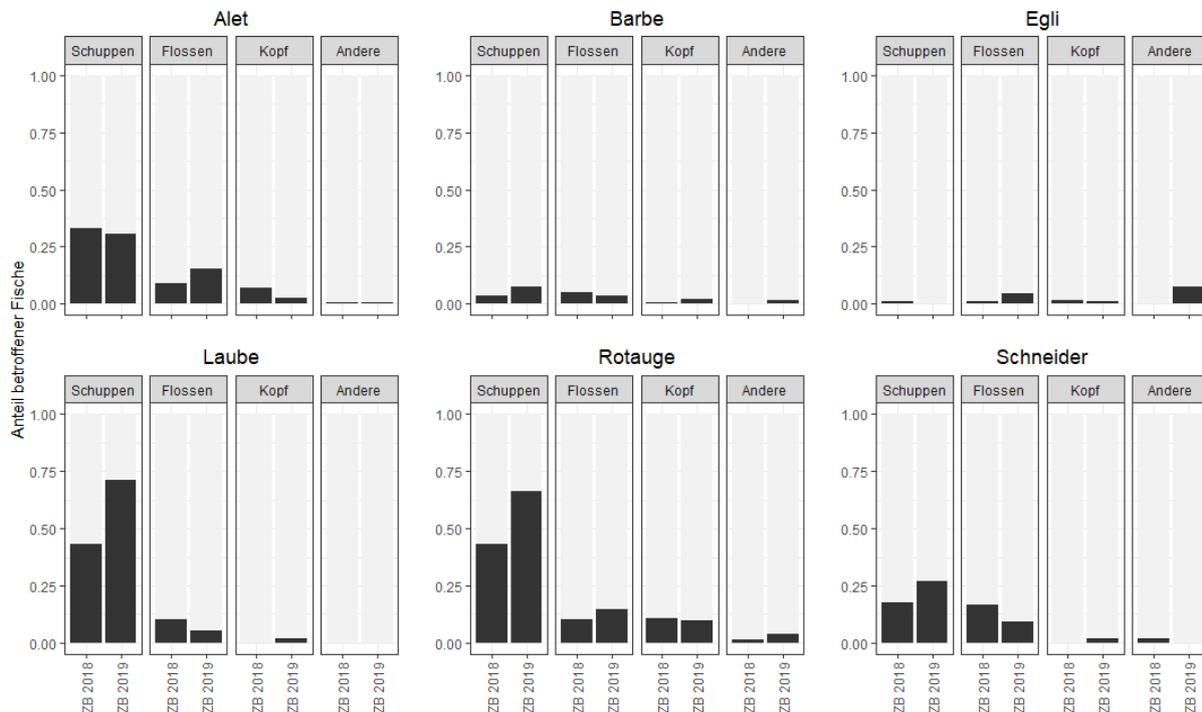


Abbildung 18: Vergleich der Häufigkeit verschiedener Verletzungsarten zwischen 2018 (Zählbecken im Originalzustand, mit kombinierter Kehle) und 2019 (Zählbecken mit Massnahmen gegen Auspringen und Kopfverletzungen) für die Fischarten mit je mindestens 30 untersuchten Individuen



Neben dem Vergleich mit 2018 wurden die Verletzungen der Fische im Zählbecken mit denen aus der Restwassertrecke und FAH (elektrische Befischung) verglichen, um den Anteil der Vorschädigungen (Verletzungen, die bereits vor dem Fang im Zählbecken bestanden) abschätzen zu können. Im Zählbecken wies ein grösserer Anteil der Fische leichte Verletzungen auf als ausserhalb (27 vs. 11 %). Der Anteil mittlerer und schwerer Verletzungen war hingegen gleich (Abbildung 19).

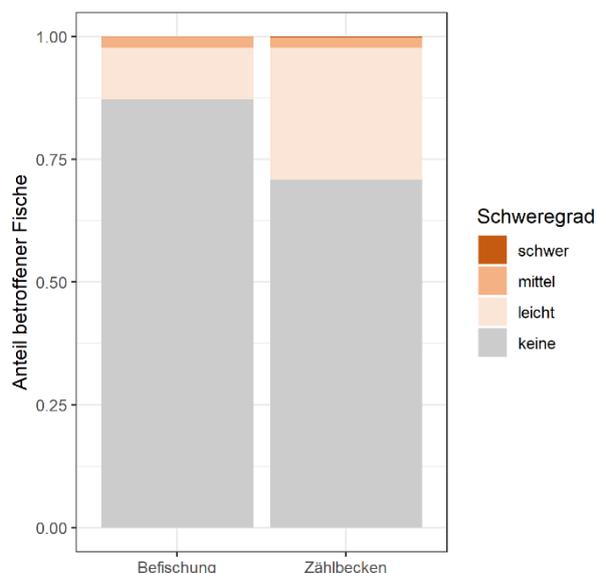


Abbildung 19: Vergleich des Anteils verletzter Fische aus der Restwassertrecke und der FAH («Befischung») mit dem des Zählbeckens (2019)

Auch hier wurde zwischen den Arten, von denen bei der Befischung und im Zählbecken jeweils über 30 Fische untersucht wurden (Alet, Barbe, Rotauge, Schneider und Elritze) unterschieden. Die Elritzen wiesen sowohl im Zählbecken als auch im Unterwasser so gut wie keine Verletzungen auf. Bei Alet, Rotaugen und Schneidern wurden im Zählbecken mehr verletzte Fische nachgewiesen als bei der Befischung. Allerdings wies auch ein erheblicher Teil der Fische aus der Restwassertrecke bzw. dem Umgehungsgerinne Verletzungen auf. Bei den Barben waren hier sogar mehr Fische betroffen als im Zählbecken (Abbildung 20).



Abbildung 20: Vergleich des Anteils verletzter Fische aus der Restwassertrecke und der FAH («Befischung») mit dem des Zählbeckens (2019) für die Fischarten mit je mindestens 30 untersuchten Individuen



Subtrahiert man die Verletzungen der bei den Befischungen gefangenen Fische von denen aus dem Zählbecken, relativieren sich die hohen Verletzungsraten im Zählbecken etwas. Bei den Alet wurden rund 15 % zusätzliche Verletzungen durch die Fischzählung nachgewiesen, bei Rotaugen 10 % und bei Schneidern 4 % (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verletzungsrate von Alet, Rotaugen und Schneidern im Zählbecken sowie bei der Befischung (Verletzungen ohne Fang im Zählbecken, «Vorschädigung»). Die Differenz der beiden Verletzungsraten gibt einen Hinweis auf die tatsächlich durch den Fang im Zählbecken auftretenden Verletzungshäufigkeiten.

Art	Zählbecken	Befischung ("Vorschädigung")	Differenz (zus. Verletzungen durch Zählbecken)
Alet	32.4 %	17.2 %	15.2 %
Rotauge	68.4 %	58.7 %	9.7 %
Schneider	30.8 %	26.7 %	4.1 %

Verletzungen im Zählbecken

- Trotz Verbesserungsmaßnahmen gegenüber 2018 wiesen immer noch rund 30 % der im Zählbecken gefangenen Fische Verletzungen auf.
- Die meisten Verletzungen wurden als «leicht» klassifiziert. Mit Abstand am häufigsten waren fehlende Schuppen, gefolgt von Flossenrissen und Kopfverletzungen.
- Die Verletzungen waren sehr artspezifisch. Am stärksten betroffen waren Lauben und Rotaugen, gefolgt von Alet und Schneidern. Andere Arten, wie Egli oder Elritzen wiesen kaum Verletzungen auf.
- Ein Vergleich mit Fischen aus der Restwasserstrecke und der FAH zeigt, dass auch hier viele verletzte Fische vorkommen. Diese Vorschädigungen müssen bei einer Beurteilung des Zählbeckens berücksichtigt werden. Es wird geschätzt, dass durch den Fang im Zählbecken 15 % der Alet, 10 % der Rotaugen und 4 % der Schneider Verletzungen davontrugen.



3.4 Diskussion Teilprojekt 1

3.4.1 Fischzählung und Fangzahlen

Obwohl das Zählbecken nur an 181 Tagen regulär in Betrieb stand, wurden bei der Fischaufstiegszählung Winznau 2018/2019 102'541 Individuen von 26 Arten gezählt. Dies verdeutlicht die bereits 2018 festgestellte grosse Bedeutung einer funktionierenden Kehle für die Resultate von Fischaufstiegszählungen (Wilmsmeier et al. 2018). Den Grossteil des Fischaufstiegs machten nicht adulte Fische auf Laichwanderung, sondern Jungfische verschiedener Cypriniden-Arten aus. Auch beschränkte sich die Artenzusammensetzung nicht auf bekannte Wanderfische wie Bachforellen, Barben oder Nasen, sondern beinhaltete bis auf den Steinbeisser alle im Unterwasser nachgewiesenen Arten (darunter Schwachschwimmer wie kleine Rotaugen, Rotfedern oder Stichlinge). Dies verdeutlicht die Bedeutung von Fischaufstiegshilfen für die Wanderungen verschiedener Arten und Lebensstadien und wurde in ähnlicher Weise bei Fischaufstiegszählungen anderer Studien nachgewiesen (z. B. Benitez et al. 2015; Bunt et al. 2001). Fischaufstiegszählungen sollten sich deshalb nicht ausschliesslich auf die Reproduktionszeit der im untersuchten Gewässer vorhandenen Arten konzentrieren.

Während den häufig nicht untersuchten Wintermonaten (November bis März) wurden auch mit dem Einsatz einer funktionierenden Kehle vergleichsweise wenig Fische gefangen. Allerdings wurden in dieser Zeitperiode 76 % aller Bachforellen und 71 % aller Groppen nachgewiesen. Die gewählte Zählperiode kann also einen äusserst grossen Einfluss auf die Anzahl gefangener Fische und damit unter Umständen auch auf die Bewertung der FAH haben.

Die Fangzahlen verschiedener Fischaufstiegszählungen an Aare und Rhein werden in Tabelle 12 im Anhang zusammengefasst. Die Fangzahlen von Winznau 2018/2019 stellen mit 567 Fischen pro Tag (so weit bekannt) den deutlichen schweizweiten Rekord für die vergangenen Jahrzehnte dar. Am gleichen Standort wurden 2018 ohne kombinierte Kehle und nur während der aufstiegsstärkeren Sommermonate nur 66 Fische pro Tag gezählt. An anderen Standorten an der Aare wurden in den letzten Jahren 67 (KW Rapperswil-Auenstein, Dotierkraftwerk), 80 (KW Rüchlig, Haupt- und Dotierkraftwerk zusammen) und 122 (KW Hagneck) Fische pro Tag gezählt (Breitenstein et al. in Bearb., Breitenstein et al. 2019). In den Zählbecken von Rüchlig und Rapperswil-Auenstein war eine starre, gerade Stabkehle installiert, in dem von Hagneck eine flexible, verjüngende Stabkehle (Abbildung 23). Bei Rüchlig wurde durch die gleichzeitig stattfindende PIT-Tagging-Untersuchung bereits festgestellt, dass rund die Hälfte der markierten Fische, die in das Zählbecken gelangten, dieses nach kurzer Zeit wieder durch den Einstieg verliessen (Breitenstein et al. in Bearb.). In Hagneck wurde das Entweichen der Fische durch die flexible Stabkehle anhand von Videoaufnahmen nachgewiesen (s. Kapitel 4.3.2). Die tatsächliche Anzahl aufsteigender Fische wurde an diesen Kraftwerken also deutlich unterschätzt.

Auch bei den koordinierten Fischaufstiegszählungen am Hochrhein wurden die Fangzahlen von Winznau nicht annähernd erreicht. Die höchsten Fangzahlen wies das Zählbecken am Wehr Rheinfeldern mit 122 Fischen pro Tag auf (Guthruf & Dönni in Bearb.). Auch hier ist eine starre, gerade Stabkehle installiert. Anhand der bei den PIT-Tagging-Untersuchungen (Peter et al. 2016; Schwevers et al. in Bearb.) festgestellten Nachweisquoten aufsteigender Fische mit den verwendeten Fangeinrichtungen gehen Guthruf & Dönni (in Bearb.) insgesamt von 470 bis 1'010 aufsteigenden Fischen pro Tag aus. Dies würde in etwa der Grössenklasse des in Winznau mit effizienter Kehle nachgewiesenen Fischaufstiegs entsprechen. Die Fangzahlen der am Hochrhein verwendeten Reusen lag mit 4 – 31 Fischen pro Tag generell noch tiefer als die der Zählbecken (Tabelle 12). Durch die in Reusen verwendeten Kehlen sollte die Retention der Fische eigentlich besser sein als in Zählbecken ohne Kehle. Die verwendeten Reusenkehlen weisen jedoch oft eine relativ kleine, unflexible Öffnung auf, wodurch der Scheucheffekt erhöht sein könnte. Zudem können kleine Fische die Reusen je nach Maschenweite durchschwimmen.



Durch die unterschiedlich effizienten Fangeinrichtungen ist es nicht möglich, die verschiedenen Anlagen zu vergleichen. Tiefe Fangzahlen können sowohl durch ungenügende FAH als durch eine schlechte Retention der Fische in den Fangeinrichtungen entstehen. Wie in der wissenschaftlichen Literatur (Stuart et al. 2008) werden die verwendeten Fangeinrichtungen auch in Schweizer Berichten kaum genauer beschrieben. Kenntnisse über die Art und Masse der verwendeten Zählbecken oder Reusen und ihrer Kehlen wären jedoch sehr wichtig, um die Resultate verschiedener Zählungen besser einordnen zu können. Für eine zukünftige standardisierte Bewertung von Fischaufstiegsanlagen anhand von Fischzählungen müssen die Fangeinrichtungen zumindest im Wesentlichen (Kehle, Maschenweite bzw. Überfall) standardisiert werden.

3.4.2 Validierung Zählkonzept und Hochrechnung der Fangzahlen

Die Aufstiegszahlen für die zehn Kontrolltage liessen sich anhand des Durchschnitts der Fangzahlen nicht ausreichend genau berechnen. Die Verwendung eines Modells, das verschiedene Umweltfaktoren einbezieht, ergab zwar eine genaue Gesamtzahl, wies jedoch bei einzelnen Tagen hohe Abweichungen auf. Eine genaue Berechnung der Gesamtaufstiegszahlen scheint mit den verwendeten Daten auf den ersten Blick nicht möglich.

Die grossen Fehler in der Berechnung unterscheiden sich deutlich von den für die Entwicklung des Zählkonzepts verwendeten Daten von Augst und Ryburg-Schwörstadt. Hier hätte man die Anzahl gesamthaft aufgestiegener Fische mit einer Zählung jeden zweiten Tag und der Hochrechnung des Durchschnitts auf 365 Tage auf 1.3 bzw. 0.3 % genau berechnen können! Die Berechnung der Fangzahlen für Zwischentage für Winznau konnte jedoch nur anhand von zehn zusätzlich ausgezählten Kontrolltagen überprüft werden. Wahrscheinlich war diese Stichprobe aufgrund hoher Schwankungen der Aufstiegszahlen nicht ausreichend, um die Berechnungen zu überprüfen. Die Vergleiche mit Augst und Ryburg-Schwörstadt deuten durchaus darauf hin, dass mit jedem zweiten Tag eine genaue Abschätzung des Gesamtaufstiegs möglich ist. Beim Wehr Winznau ergibt eine Hochrechnung der durchschnittlichen täglichen Fangzahlen (ohne Kontrolltage) einen Fischaufstieg von insgesamt 207'348 Individuen für das ganze Jahr. Da diese Zahl jedoch mit einiger Unsicherheit behaftet ist, sollten für Vergleiche mit anderen Zählungen die Fangzahl der tatsächlich gezählten Fische pro Tag verwendet werden. Bei Vergleichen muss zudem jeweils die gleiche Zeitperiode berücksichtigt werden. Anhand von zukünftigen täglichen Fischzählungen mit funktionierender Kehle sollte überprüft werden, ob und mit welchem Schema (Anzahl und Intervall der Zähltage) eine ausreichend genaue Schätzung des Gesamtaufstiegs bzw. des Aufstiegs einzelner Arten möglich ist (*retrospective sampling*).

Bei der Festlegung der Zählperiode und -häufigkeit muss das Ziel der Aufstiegszählung berücksichtigt werden. So muss für die Funktionskontrolle einer Fischaufstiegsanlage nicht zwingend jeder passierende Fisch gezählt werden. Wichtiger ist hier der Nachweis der Passierbarkeit für die vorhandenen Zielarten und -grössenklassen, allenfalls bei verschiedenen Abflüssen oder weiteren Umweltfaktoren. Entsprechend sollte die Zählperiode den Bewertungsvorgaben und den Zielarten angepasst werden. Um beispielsweise das Umgehungsgerinne am Wehr Winznau zu beurteilen, hätten sich für den Nachweis der Passierbarkeit durch grosse Fische die Zeit von Mitte Mai – Mitte Juli (Aufstieg grosser Barben, Alet und Welse), für den quantitativen Fischaufstieg die Monate August und September gelohnt. Eine Zählung jeden zweiten Tag wäre für eine Bewertung wahrscheinlich ausreichend gewesen (je nach Bewertungsmassstab).



3.4.3 Selektivität des Zählbeckens

Mit den zusätzlichen Untersuchungen zum Scheueffekt gegenüber von 2018 wurden keine Hinweise auf eine relevante Selektivität am Einstieg des Zählbeckens gefunden. Von den im Unterwasser nachgewiesenen Arten wurden alle bis auf den Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) auch im Zählbecken gefangen. Diese benthischen lebenden Fische bevorzugen langsam fliessende Gewässer mit feinen Sedimenten. Da 2019 auch keine Steinbeisser in der FAH gefangen wurden, wird angenommen, dass sie dieses nicht als Lebensraum oder Wanderkorridor benutzen und daher auch nicht bei der Fischzählung nachgewiesen werden konnten. Auch bei den Videoaufnahmen gibt es keine Hinweise auf eine Selektivität. Alle im Umgehungsgerinne nachgewiesenen aufsteigenden Fischarten und Grössenklassen wurden zur gleichen Zeit auch im Zählbecken gefangen. Anhand der Untersuchungen von 2018 war noch ein möglicher Scheueffekt für Groppen und Äschen vermutet worden, da diese während dem Einsatz der Kehle (August/September) nicht im Zählbecken nachgewiesen werden konnten. Äschen wurden 2018 gar nicht, von den Groppen nur zwei Individuen vor dem Einsatz der Kehle gefangen. Die Zählung über ein ganzes Jahr zeigt jedoch, dass diese Arten durchaus mit dem Zählbecken inkl. Kehle gefangen werden können (30 Äschen, 21 Groppen). Auch beim Einsatz einer ähnlichen Kehle im Zählbecken des Kraftwerks Rapperswil-Auenstein im Sommer 2020 wurden mehrere Äschen gefangen (FishConsulting GmbH, unpublizierte Daten). Das Fehlen dieser Arten 2018 begründet sich daher eher aus dem kurzen zeitlichen Einsatz der Kehle.

3.4.4 Verletzungen im Zählbecken

Der Anteil verletzter Fische im Zählbecken war 2019 insgesamt gleich hoch wie 2018. Während bei den Alet weniger Verletzungen festgestellt wurden, waren es bei Rotaugen, Lauben und Egli sogar mehr als 2018. Die Massnahmen zielten auch mehrheitlich auf Alet ab, die ein sehr ausgeprägtes Sprungverhalten beim Einlauf des Zählbeckens zeigten und sich 2018 dabei viele Verletzungen zuzogen. Grund für die Zunahme der Verletzungen bei den anderen Arten könnte die genauere Betrachtung der Fische sein. Während die Fische 2019 nur zur Erhebung der Verletzungen betrachtet wurden, war dies 2018 ein Nebenprodukt der Markierung für die Retentionsexperimente. Schwer verletzte Fische wurden nicht für die Experimente verwendet und somit auch nicht protokolliert. Auch die auf oder neben dem Becken verendeten Fische sind hier nicht repräsentiert. Dies liess sich 2019 komplett vermeiden, wenn die dazu vorgesehenen Abdeckungen korrekt verwendet wurden (beim turbulenten Einströmbereich durfte es keine Lücken geben). Die getroffenen Massnahmen sind also effizienter als hier abgebildet, da 2018 nicht alle verletzten und toten Fische repräsentativ erfasst wurden.

Ein Vergleich mit Fischen aus dem Unterwasser zeigt, dass auch dort relativ viele Fische Verletzungen aufweisen (v. a. fehlende Schuppen). Woher diese stammen bleibt unklar, möglich wäre eine Verletzung bei der Wehrpassage. Anhand der Erhebungen wird geschätzt, dass bei Alet, Rotaugen und Schneidern rund 15, 10 bzw. 4 % der Verletzungen vom Fang im Zählbecken stammt. Mit den getroffenen Massnahmen konnten Verletzungen also nicht vollständig verhindert werden. Weitere Massnahmen wie ein Verringern der Fischdichte im Becken (durch grösseres Volumen oder häufigere Zählungen) sind nötig.



Fazit Teilprojekt 1

- In Winznau wurden mit durchschnittlich 567 Fischen pro Tag deutlich mehr Fische gefangen als bei anderen Zählungen der letzten Jahre an der Aare oder dem Hochrhein. Um die Resultate von Aufstiegszählungen vergleichen zu können, müssen überall effiziente Fangeinrichtungen eingesetzt werden.
- Ob die Aufstiegszahlen an den nicht untersuchten Tagen («Zwischentage») anhand der Fangzahlen der Zähltag berechnet werden können, bleibt unklar. Dies sollte bei zukünftigen Untersuchungen mit effizienter Kehle und täglichen Zählungen überprüft werden.
- Für den Vergleich verschiedener FAH sollten nicht die Gesamtaufstiegszahlen, sondern die durchschnittlichen Fangzahlen pro Tag verwendet werden. Dabei sind die gleichen Zählperioden zu berücksichtigen.
- Mit dem Vergleich der Arten des Unterwassers (Restwasserstrecke und FAH) und Videoaufnahmen in der FAH wurden keine Hinweise auf eine Selektivität des Zählbeckens gegen bestimmte Arten oder Grössenklassen gefunden.
- Trotz Verbesserungsmaßnahmen gegenüber 2018 konnten Fischverletzungen im Zählbecken nicht erheblich vermindert werden. Weitere Massnahmen wie eine Verringerung der Fischdichte (grössere Becken) und der Aufenthaltszeit der Fische im Becken sind nötig um eine fischschonende Zählung zu gewährleisten.



4 Teilprojekt 2: Überprüfung anderer Zählbecken inkl. Test der kombinierten Kehle

4.1 Einleitung

Das Ausschwimmen von Fischen wurde 2018 am Zählbecken Winznau untersucht. Dabei handelt es sich um ein sehr kleines Zählbecken, welches vom Einlauf zum Einstieg gerade durchströmt wird. Dadurch gibt es wenig verschiedene Aufenthaltsmöglichkeiten für die Fische und der Ausstieg ist einfach zu finden. Das auch aus anderen Zählbecken Fische ausschwimmen können ist bekannt (Peter et al. 2016), wurde aber bisher nicht methodisch überprüft (Wilmsmeier & Peter 2018). Die kombinierte Kehle wurde ebenfalls für das einfache Zählbecken Winznau entwickelt. Ihre Effizienz wurde zwar am Zählbecken Schönenwerd bestätigt, dieses ist jedoch im Wesentlichen baugleich. Es ist daher unklar, ob sich die Erkenntnisse auf andere, grössere und struktureichere Zählbecken übertragen lassen.

Das Problem des Ausschwimmens und die Funktionstüchtigkeit der kombinierten Kehle wurden deshalb an zwei weiteren Zählbecken untersucht. Gleichzeitig konnten weiterführende Erfahrungen mit Fischzählungen unter dem Einsatz der kombinierten Kehle gesammelt werden, um Empfehlungen für zukünftige Zählungen formulieren zu können. Ursprünglich war geplant, die Untersuchungen wie bei Winznau 2018 während laufenden Fischaufstiegszählungen durchzuführen. 2019 fanden jedoch keine entsprechenden Funktionskontrollen oder Monitorings statt. Stattdessen boten sich die Zählbecken Beznau und Hagneck für die Untersuchungen an:

Das Zählbecken am Wehrkraftwerk des Hydraulischen Kraftwerks Beznau wurde zusammen mit dem neuen Vertical-Slot-Fischpass im Frühsommer 2019 fertiggestellt. Als Funktionskontrolle war eine Fischaufstiegszählung vom 01.01.2020 – 31.12.2021 und eine PIT-Tagging-Untersuchung geplant¹. Dazu war der Einbau einer kombinierten Kehle vorgesehen. Im Rahmen der aktuellen Studie konnte bereits im Juli 2019 eine kurzzeitige Fischzählung durchgeführt werden, die der Axpo Power AG gleichzeitig als Test der technischen Einrichtungen und Pilotstudie für die spätere Wirkungskontrolle diente.

Das Zählbecken am Kraftwerk Hagneck wurde 2019 im Rahmen einer laufenden PIT-Tagging-Untersuchung (WFN) verwendet, um Fische für die Markierung zu fangen. Gleichzeitig wurden die aufsteigenden Fische an den Fangtagen gezählt. Am Zählbecken Hagneck wird eine Kehle aus flexiblen Metallstäben verwendet. Diese war während den Experteninterviews 2018 als gutes Beispiel für eine Kehle bezeichnet worden. Dass Fische aus dem Becken ausschwimmen können war bekannt, wurde jedoch nur für eine geringe Anzahl kleiner Fische vermutet (Wilmsmeier & Peter 2018).

Bei beiden Becken wurde das Fischverhalten am Einstieg erst im Roh- bzw. Originalzustand (Beznau ohne Kehle, Hagneck mit Stabkehle) untersucht. Bei ungenügendem Fischrückhalt sollte dann eine kombinierte Kehle nach dem Vorbild von Winznau eingesetzt und ihre Wirkung überprüft werden.

¹ Die Fischaufstiegszählung wurde aufgrund der Covid-19-Situation im Frühling 2020 abgebrochen und auf das nächste Jahr verschoben.



4.2 Methoden

4.2.1 Beznau

Wie in Winznau werden die Fische in Beznau durch Absperren des Fischpasses in das Zählbecken geleitet. Der Einstieg befindet sich schräg gegenüber dem Einlauf und führt in einem 45°-Winkel von der FAH in das Zählbecken (Abbildung 21). Anders als in Winznau wird hier der gesamte Abfluss der FAH durch das Becken geleitet und alle Schieber werden elektrisch betrieben.

Die Fischzählung mit Test der kombinierten Kehle fanden vom 08.07. – 26.07.2019 statt und wurden von der Froelich AG im Auftrag der Axpo Power AG durchgeführt. Das Becken wurde an den Wochentagen einmal täglich geleert, alle gefangenen Fische gezählt und auf Art und Grössenklasse bestimmt. Neben den Fangzahlen wurde die Trübung durch das Zählpersonal in drei Klassen erhoben und die Wassertemperatur mit einem Logger aufgezeichnet. Am Wochenende war das Becken nicht in Betrieb und die Fische konnten ungehindert über den Fischpass aufsteigen. Das Becken wurde zuerst während fünf Tagen ohne Kehle betrieben. Anschliessend wurde die kombinierte Kehle eingebaut (die Abmessungen sind in Tabelle 11 im Anhang aufgeführt). Da in den drei folgenden Tagen überraschend wenig Fische gezählt wurden (s. Kapitel 4.3.1), wurde die Kehle wieder ausgebaut und zur Überprüfung der Resultate noch einmal ohne Kehle gezählt. Anschliessend wurde im Zählbecken ein Umlenkblech eingebaut, um die Fliessrichtung des Wassers in eine Linie mit der Kehle zu bringen (Abbildung 22). Danach wurde die Kehle wieder eingebaut und während 4 weiteren Tagen noch einmal alle aufsteigenden Fische gezählt (Ablauf vgl. Tabelle 7). Aufgrund des hohen Geschwemmselaufkommens musste die Kehle mehrmals täglich, bei laufendem Betrieb, durch Mitarbeiter des Hydraulischen Kraftwerks Beznau (Axpo Power AG) oder der FishConsulting GmbH gereinigt werden.

Tabelle 7: Ablauf der Fischzählung am KW Beznau

Datum	Zähltage	Konfiguration
08.07. – 12.07.	5	Ohne Kehle
15.07. – 17.07.	3	Nur Kehle
18.07.	1	Ohne Kehle
23.07. – 26.07.	4	Kehle und Brett



Abbildung 21: Zählbecken Beznau mit Einstieg (hinten links), Fangrinne (vorne links) und Einlauf (vorne rechts)



Abbildung 22: Kombinierte Kehle am Einstieg des ZB Beznau



Zusätzlich wurde mit einer im Zählbecken installierten Kamera das Verhalten der Fische am Einstieg untersucht. Mittels *motion detection* wurden nur Aufnahmen mit Bewegungen von der Kamera auf eine externe Festplatte gespeichert und später am Computer ausgewertet. Ein Zähltag ohne Kehle (10.07.19) sowie ein Zähltag mit Kehle und Brett (24.07.19) wurden analysiert. Dafür wurden pro Stunde alle ein- und ausschwimmenden Fische gezählt und wenn möglich deren Art erhoben. Nachtaufnahmen (Beleuchtung über externe Infrarotscheinwerfer) konnten dabei wegen der grossen Wassertiefe nur mit der Kehle verwendet werden.

4.2.2 Hagneck

Auch an der FAH des Kraftwerks Hagneck wird das gesamte Wasser der FAH durch das Zählbecken geleitet. Der Einstieg ist mit einer Kehle aus flexiblen Metallstäben versehen, die die Fische am ausschwimmen hindern sollen (Abbildung 23). Die Abmessungen von Zählbecken und Kehle sind in Tabelle 11 im Anhang aufgeführt.

Auch hier wurde eine Kamera im Zählbecken installiert und damit das Verhalten der Fische an der Kehle festgehalten. Die Aufnahmen fanden mit Unterbrüchen vom 03.06.-07.07.19 statt. Durch durchgehend hohe Trübung und schlechte bis sehr schlechte Sichtverhältnisse konnten die Videoaufnahmen nur halbquantitativ ausgewertet werden. Analysiert wurden die Aufnahmen mit den besten Sichtverhältnissen; 26.06.19 von 10:00-21:00, 27.06.19 von 10:20-12:20 sowie 28.06.19 von 11:00-13:00. Die der Kamera abgewandte Seite der Kehle (rund 30 %) waren dabei nicht ersichtlich. Alle erkennbaren Fische, die durch die Kehle in das Zählbecken schwammen oder dieses über denselben Weg verliessen wurden gezählt und entsprechende Videoausschnitte, mit Fokus auf das Verhalten ausschwimmender Fische, gesammelt.

Die Aufnahmen einer zusätzlichen Kamera ausserhalb des Zählbeckens, die einen möglichen Scheueffekt dokumentieren sollte, sowie Nachtaufnahmen, konnten auf Grund der schlechten Sicht nicht verwendet werden.

Im Oktober wurde durch die WFN eine Kehle nach dem groben Vorbild der kombinierten Kehle eingebaut. Mit der Kamera sollte wiederum das Verhalten der Fische untersucht werden. Wegen hohem Geschwemmselaufkommen kam es jedoch direkt zu einem starken Verlegen der Kehle. Die WFN entschied sich deshalb nach zwei Tagen, die Markierkampagne zu unterbrechen und erst im Frühjahr 2020 weiterzuführen. Die Auswertung der Videoaufnahmen dieser beiden Tage war aufgrund der starken Trübung nicht möglich. Die Wiederaufnahme des Zählbeckenbetriebs im Frühjahr 2020 wurde wegen Covid-19 erneut verschoben. Deshalb konnte die geplante Überprüfung der kombinierten Kehle nicht stattfinden.



Abbildung 23: Stabkehle am Einstieg des ZB Hagneck



4.3 Resultate Teilprojekt 2

4.3.1 Beznau

Aufstiegszählung

Während der 13 Zähltag wurden insgesamt 1'672 Fische von 15 verschiedenen Arten gefangen. Ohne Kehle wurden durchschnittlich 122 Fische pro Tag gefangen, wobei zwei Zähltag mit knapp 300 Fischen deutlich herausstechen. Anders als erwartet, wurden nach dem Einsatz der Kehle erst weniger Fische gefangen (24 pro Tag) als ohne Kehle. Durch den Einsatz der Strömunglenkung (Abbildung 24 und Abbildung 25) wurde der Wert auf durchschnittlich 216 Fische pro Tag gesteigert (s. Abbildung 26 und Tabelle 8).

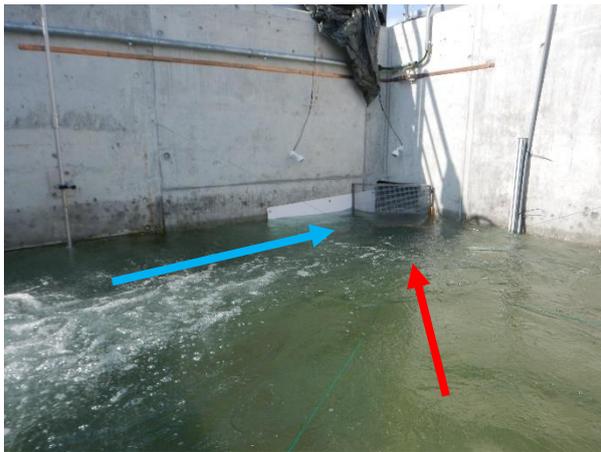


Abbildung 24: Hauptströmung im ZB Beznau vor Einbau des Bretts (blauer Pfeil) und Ausrichtung der Kehle (roter Pfeil)



Abbildung 25: Brett zur Strömungsrichtung im ZB Beznau. Im Hintergrund der Metallteil der Kehle

Die am häufigsten gefangene Art war die Laube, gefolgt von Schneider, Egli, Hasel, Rotaugen, Alet und Barben. Insbesondere Egli, Hasel und Barben wurden häufiger mit Kehle gefangen als ohne (Tabelle 8). Im Gegensatz dazu wurden deutlich mehr Lauben ohne Kehle gefangen, wobei wiederum zwei einzelne Tage herausstechen (Abbildung 26, Mitte). Während ohne Kehle vor allem kleine Fische (bis 15 cm) gefangen wurden, waren es mit Kehle und Brett auch deutlich mehr grosse Fische (15-45 cm; Abbildung 26 unten).

Tabelle 8: Durchschnittliche Anzahl gefangener Fische pro Tag

	Ohne Kehle	Nur Kehle	Kehle und Brett
Laube	70	7	36
Schneider	24	7	47
Egli	5	1	74
Hasel	5	4	24
Rotauge	11	2	11
Alet	6	0	9
Barbe	1	0	15
Andere	2	2	2
Total	122	24	217



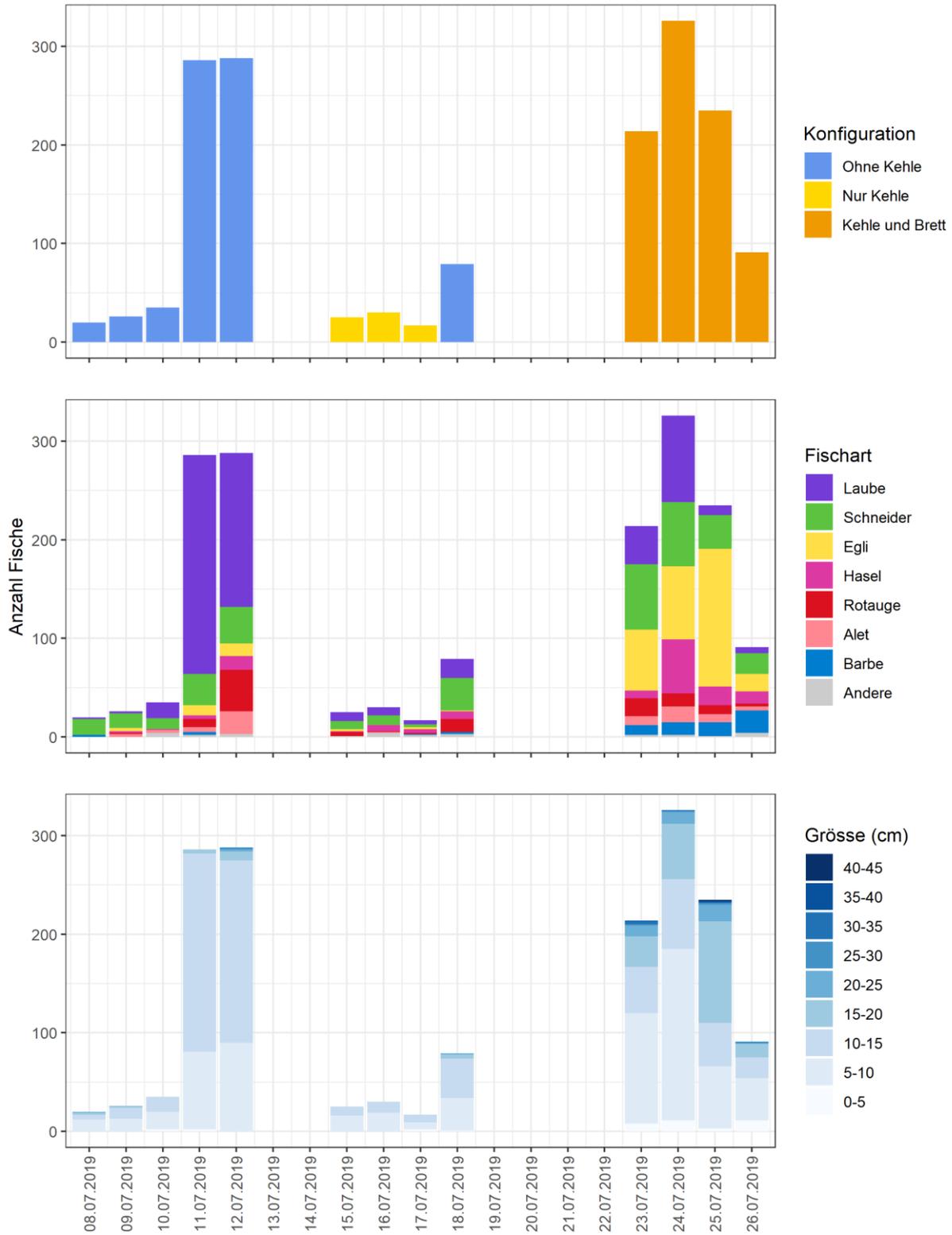


Abbildung 26: Tägliche Fangzahlen im Zählbecken Beznau. Oben: Total; Mitte: nach Art; unten: nach Grössenklasse



Videoanalyse

Ohne Kehle (10.07.19) wurden etwa gleich viele Ein- wie Auswärtsbewegungen der Fische gezählt (Abbildung 28, Tabelle 9). Die meisten Fische schwammen passiv aus dem Zählbecken aus (Schwanz voran). Während insgesamt 388 Bewegungen gezählt wurden, wurden abends nur 35 Fische bei der Zählung gefangen² (Tabelle 9). Vier Arten, die auf dem Video zu sehen waren, konnten an diesem Tag bei der Zählung nicht nachgewiesen werden (Bachforelle, Barbe, Egli und Nase).



Abbildung 27: Videoansicht im Zählbecken Beznau mit einer ausschwimmenden Bachforelle (Fließrichtung von links nach rechts)

Im Gegensatz dazu wurde mit Kehle (24.07.19) kein einziger Fisch beim Ausschwimmen beobachtet (Abbildung 28, Tabelle 9). Während ein Grossteil der Fische die kombinierte Kehle ohne Zögern durchschwimmt, gibt es auch einige, die in der Kehle pausieren oder sich wieder hinaustreiben lassen statt definitiv in das Becken einzuschwimmen. Dies wurde insbesondere bei kleineren Barben häufig beobachtet.

Auffällig ist die grosse Diskrepanz zwischen der per Video nachweislich eingeschwommener und den bei der Zählung gefangener Anzahl Fische an diesem Tag (583 vs. 257 Fische, Tabelle 9). Die 326 fehlenden Fische müssen das Zählbecken auf einem anderen Weg verlassen haben, wobei nur der Einlauf in Frage kommt.

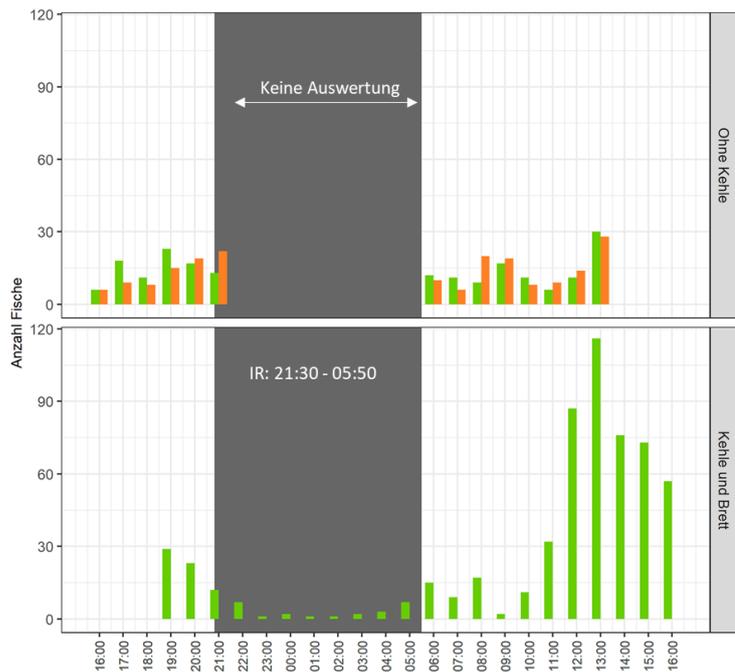


Abbildung 28: Anzahl beim ZB Beznau stündlich ein- und ausschwimmender Fische ohne und mit Kehle. Nachts wurden Infrarot-Aufnahmen erstellt, die jedoch nur für den Tag mit Kehle verwertbar sind (grauer Balken). Betriebsdauer des ZB: Ohne Kehle (09./10.07) 16:10-14:10; Mit Kehle (23./24.07.) 18:20-17:15

² Es gibt eine Diskrepanz zwischen der Anzahl Fische, die gem. Videoanalyse im Becken sein sollte und der tatsächlich gefangenen Fische. Mögliche Gründe sind die fehlende Erhebung der Nachtstunden oder Fische, die das Zählbecken über den Einlauf verlassen.



Tabelle 9: Anzahl während einem Tag ein- und ausschwimmender Fische im ZB Beznau (In/Out), sowie bei der abendlichen Zählung tatsächlich gefangene Fische

	IN	OUT	Zählung
Ohne Kehle	195	193	35
Kehle und Brett	583	0	257

4.3.2 Hagneck

Das Fischverhalten konnte besonders in dem der Kamera zugewandten Bereich der Reuse gut beobachtet und dokumentiert werden. Beim Einstieg in das Zählbecken wurde vor allem der mittlere Teil der Reuse, die Spitze, von Schwärmen und grossen Fischen bevorzugt. Einzelne, kleinere Fische, fanden ihren Weg in das Fischzählbecken auch im seitlichen Bereich der Kehle durch die Stäbe. Fische aller gefilmten Arten und Grössenklassen wurden beim Ausschwimmen durch die Stabkehle beobachtet, wobei die Fische in der Regel erst weiter in das Becken einschwammen und es zu einem späteren Zeitpunkt verliessen. Der Ausstieg fand vor allem im seitlichen Bereich der Reuse statt und es wurden Stellen bevorzugt, wo die Stäbe weiter auseinander lagen (verbogene oder fehlende Stäbe). Wenn der Abstand zwischen den Stäben kleiner war als die Körperhöhe der Fische, legten sich diese oft auf die Seite, um das Zählbecken zu verlassen. Grosse, adulte Fische, vorwiegend Alet und Barben, zwängten sich meistens kopfvoran durch die Metallstäbe und drückten diese auseinander. Der Ausstieg geschah sowohl einzeln als auch gruppenweise.



Abbildung 29: Videoansicht im Zählbecken Hagneck mit einer ausschwimmenden Barbe (Fließrichtung von rechts nach links)

Das Verhältnis von ein- zu aussteigenden Fischen betrug für die ausgewerteten Zeiträume 122:63 (26. Juni 2019), 326:132 (27. Juni 2019) und 381:296 (28. Juni 2019; vgl. Tabelle 10). Dabei handelte es sich um die unter Berücksichtigung des Kamerasichtfeldes und der Sichtverhältnisse erkennbaren Fische.

Videoausschnitte mit ausschwimmenden Fischen wurden gesammelt und werden zusammen mit dem Bericht zur Verfügung gestellt.

Tabelle 10: Ausgewertete Zeiträume und Anzahl ein- und ausschwimmende Fische (In/Out), anhand der Videoanalysen. Die Fangzahlen der Fischzählung wurden von der WFN zur Verfügung gestellt.

Datum	Zeit	IN	OUT	Zählung
26.06.19	10:00-21:00	122	63	218
27.06.19	10:20-12:20	326	132	
28.06.19	11:00-13:00	381	296	987



4.4 Diskussion Teilprojekt 2

4.4.1 Beznau

Wie erwartet schwammen auch aus dem Zählbecken Beznau Fische aus, wenn keine Kehle installiert war. Dies betraf alle beobachteten Fischarten und Grössenklassen und liess sich aus den Videoaufnahmen eindeutig belegen. Das deutlich grössere Volumen und die komplexeren Strömungsverhältnisse im Vergleich zum Zählbecken Winznau sind also nicht ausreichend um einen effizienten Fischfang zu gewährleisten. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die elektrischen Schieber nur sehr langsam schliessen und manuell aufeinander abgestimmt werden müssen. Die Störungen durch das Zählpersonal und veränderten Strömungsverhältnisse bei der Beckenschliessung können so kurz vor der Zählung zu einem vermehrten Ausschwimmen der Fische führen. Eine Aufstiegszählung ohne Kehle kann die tatsächlich aufsteigende Fischpopulation deshalb nicht ausreichend genau abbilden.

Der Einbau der kombinierten Kehle führte entgegen der Erwartungen nicht sofort zu einem Anstieg der Fangzahlen. Als Ursache wird die Strömungsrichtung vermutet, die nicht in der Richtung der Kehle verlief, sondern entlang der Wand des Beckens. Aufsteigende Fische mussten so in einem Winkel von ca. 65° abweichend zur Strömung durch die Kehle schwimmen, was vermutlich zu einem Scheueffekt geführt hat (Abbildung 24). Nach Einbau des strömungslenkenden Brettes waren die Fangzahlen deutlich höher. Dies zeigt, dass die Masse und der Einbau der kombinierten Kehle nicht 1:1 auf andere Zählbecken übertragen werden kann. Vielmehr muss die Kehle auf die Verhältnisse jedes Beckens zugeschnitten werden und optimalerweise bereits in dessen Planungsphase bedacht werden. So war hier die Lage des Einstiegs (in einer Ecke des Zählbeckens) nicht ideal. Bei einer Ausrichtung der Kehle entlang der Wand (resp. Strömung) wäre das Risiko, dass Fische zwischen Kehle und Wand eingeklemmt werden erhöht gewesen (spitzer Winkel).

Auf einen statistischen Vergleich der Fangzahlen ohne und mit Kehle wurde aufgrund der geringen Stichprobenanzahl verzichtet. Auch eine Korrelation mit verschiedenen Umweltfaktoren wie der Wassertemperatur oder dem Abfluss ist deshalb nicht sinnvoll (deren Verlauf ist jedoch in Abbildung 43 im Anhang ersichtlich). Allerdings stechen die hohen Fangzahlen zweier Tage ohne Kehle sofort ins Auge (Abbildung 26). An diesen beiden Tagen wurden ohne Kehle mehr Fische gefangen als an den meisten Tagen mit Kehle. Es waren die einzigen Tage der Zählperiode, an denen eine leichte Wassertrübung festgestellt wurde. Vermutlich hat die Änderung dieses Umweltfaktors zu vermehrtem Fischeaufstieg geführt.

Die Videoaufnahmen mit Kehle zeigen einen sehr guten Rückhalt der Kehle – kein einziger Fisch konnte beim Ausschwimmen durch die Kehle beobachtet werden. Allerdings wurden nur 44 % der eingeschwommenen Fische bei der abendlichen Zählung gefangen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit haben die restlichen Fische das Becken trotz einem Überfall von 39 cm (gem. per. Mitteilung Axpo Power AG) und einer Tauchwand über den Einlauf verlassen. Erstaunlicherweise war dies nicht nur für grosse, schwimmstarke Arten möglich, sondern auch für kleine oder bodenorientierte Fische (eine genaue Anzahl pro Art kann nicht angegeben werden, da nicht alle Fische auf den Videoaufnahmen auf die Art bestimmt werden können. Sicher nach oben ausgeschwommen sind aber Fische der Arten Schneider, Barbe, Egli, Alet, Rotaug und Rotfeder).

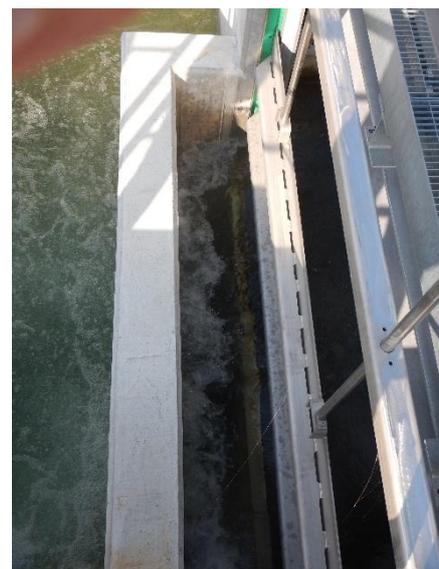


Abbildung 30: Einlauf in das ZB Beznau mit Tauchwand. Fließrichtung von rechts nach links



Dass Fische das Zählbecken über den Einlauf verlassen, wurde bereits beim Zählbecken des Kraftwerks Wyhlen nachgewiesen. Hier wurde nachgewiesen, dass der Überfall von 50 cm durch 2 % der gezählten Fische passiert wurde (Ulrich 2010). Aufgrund der geringen Anzahl Fische wurde dies nicht als Problem angesehen. Allerdings war beim Zählbecken Wyhlen keine Kehle vorhanden, so dass die Fische auch nach unten wieder ausschwimmen konnten. Wir gehen davon aus, dass die Motivation der Fische, das Zählbecken nach oben zu verlassen bei einem versperrten Fluchtweg nach unten deutlich höher ist und somit auch an anderen Standorten die Fangzahlen massgeblich beeinflussen kann. Anders als in Beznau scheint das Ausschwimmen in Winznau und Schönenwerd über den Einlauf nicht häufig vorzukommen. Dies zeigen die hohen Wiederfangraten von markierten Fischen im Zählbecken (93 %; Wilmsmeier et al. 2018). Während der Funktionskontrolle³ will die Axpo Power AG zusätzliche Videoaufnahmen am Einlauf des Zählbecken Beznau durchführen um zu untersuchen, wie genau die Fische den Einlauf passieren.

Ob durch die Kehle (bei verbesserter Strömungsrichtung) ein Scheucheffekt besteht, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Hierfür müssten die Bewegungen individuell erkennbarer Fische ohne und mit Kehle untersucht werden. Eine Möglichkeit dazu bietet sich während der Funktionskontrolle mit einer Fischzählung und gleichzeitigen RFID-Untersuchung.

Das hohe Algenaufkommen in der Untersuchungsperiode führte zu einer schnellen Verklausung der Kehle. Da dadurch die Netzkehle zusammengedrückt wird und der Wasserspiegel im Zählbecken steigt (und damit die Strömungsgeschwindigkeit im Einstieg), wird allenfalls ein grösserer Scheucheffekt ausgelöst. Ein nachträglicher Einbau eines Geschwemmselrechs oberhalb des Einlaufes ist kaum möglich, so dass die Axpo Power AG plant, die Zählung an Tagen mit hohem Treibgutauflauf ohne Kehle durchzuführen oder zu sistieren.

4.4.2 Hagneck

Die verwendete Stabkehle kann ein Ausschwimmen von Fischen (auch von grossen Individuen) nicht verhindern. Mit einer Ausschwimmrate von ca. 57 % scheint sie jedoch, anders als ein Zählbecken ohne Kehle (Winznau, Beznau: Ausschwimmrate von rund 100 %) zumindest einen Teil der Fische zurückzuhalten. Da die Fische die Kehle nicht berührungsfrei passieren können, ist jedoch die Gefahr eines Scheucheffekts und von Verletzungen erhöht. Die Stabkehle ist deshalb, und wegen der geringeren Retention gegenüber der kombinierten Kehle, für den Einsatz in Zählbecken, Reusen oder Fangkörben von Fischliften nicht empfohlen.

Obwohl Fische aus dem ZB ausschwimmen konnten, wurden bei der Fischzählung 2017/2018 knapp 44'500 aufsteigende Fische von 27 Arten gezählt (Breitenstein et al. 2019). Anhand der Videountersuchungen vom Einstieg kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächlichen Aufstiegszahlen am Standort Hagneck noch deutlich höher sind. Auch ein Ausschwimmen nach oben, wie es beim Zählbecken Beznau vorkommt, kann nicht ausgeschlossen werden.

Ein erster Einsatz einer kombinierten Kehle musste bereits nach den ersten Tagen wegen Verstopfung durch Geschwemmsel abgebrochen werden. Dies zeigt erneut die Notwendigkeit einer Geschwemmselsperre ausserhalb des ZB.

³ Wegen der Covid-19-Situation auf 2021 verschoben



Fazit Teilprojekt 2

- Sowohl in Beznau (ohne Kehle) als auch in Hagneck (flexible Stabkehle) schwimmen Fische durch den Einstieg des Zählbeckens wieder aus, so dass nicht alle aufsteigenden Fische gezählt werden können und die Fangeinrichtung ein Wanderhindernis darstellt.
- Die flexible Stabkehle bietet mit einer Ausschwimmrate von rund 60 % keinen ausreichenden Fischrückhalt und kann zu zusätzlichen Verletzungen führen.
- Die kombinierte Kehle verhinderte das Ausschwimmen auch im Zählbecken Beznau. Vor der Installation einer strömungslenkenden Wand wurden jedoch weniger Fische gefangen als ohne Kehle.
 - Die Richtung der Kehle ist den Strömungsverhältnissen anzupassen resp. die Strömungsverhältnisse im Zählbecken sind durch einfache Massnahmen zu beeinflussen. Bei Neubauten soll die gerade Anströmung der Kehle bereits in der Planung berücksichtigt werden.
- An beiden Standorten (wie auch in Winznau) führte Geschwemmsel zu einer starken Verlegung der Kehle, wodurch die Funktionsfähigkeit des Zählbeckens stark beeinträchtigt wird. Beim Einsatz einer kombinierten Kehle muss darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Geschwemmsel in das Zählbecken, bzw. in die FAH, gelangt.
- In Beznau entwichen beim Einsatz der Kehle über die Hälfte der eingeschwommenen Fische über den Einlauf des Zählbeckens nach oben. Dieses, in dieser Grössenklasse neu entdeckte, Phänomen kann die Zählresultate ebenso verfälschen wie eine fehlende oder schlecht funktionierende Kehle und muss bei der Planung neuer Zählbecken berücksichtigt werden.



5 Synthese

Die umfänglichen Zählungen am Wehr Winznau sowie der Einsatz der kombinierten Kehle und Untersuchungen an weiteren Standorten erbrachten wichtige Erfahrungen für zukünftige Fischaufstiegszählungen mit Zählbecken. Folgende Punkte wurden aufgezeigt:

- **Anpassung der Kehle an das vorgegebene Zählbecken**

Die vorgeschlagene kombinierte Kehle lässt sich auch in deutlich grösseren Zählbecken einbauen. Die genaue Gestaltung der Kehle muss jedoch den Gegebenheiten des Zählbeckens angepasst werden. Die Ausrichtung der Strömung entlang der Kehle scheint entscheidend, um ein Einschwimmen der Fische in das Zählbecken zu garantieren. Die eingesetzte Reusenkehle soll möglichst der am Wehr Winznau erprobten Kehle entsprechen, da diese auf Erfahrungen basiert, welche in der Praxis erprobt wurden.

- **Ausschwimmen von Fischen**

Das Ausschwimmen der Fische kommt auch in grossen Zählbecken vor. Durch den Einsatz einer kombinierten Kehle kann es jedoch verhindert werden. Anhand der Videoaufnahmen in Beznau wurde ausserdem ein neuer Ausweg aus dem Zählbecken erkannt, der die Fangzahlen ebenso stark beeinträchtigen kann wie ein Ausschwimmen durch den Einstieg: 56 % der Fische verliessen das Zählbecken trotz Überfall und Tauchwand über den Einlauf. Wahrscheinlich ist das Phänomen beim Einsatz der Kehle ausgeprägter als bisher angenommen, da es sich nun um den einzigen Ausweg aus dem Zählbecken handelt. Ob Fische nach oben ausschwimmen können, hängt wahrscheinlich von der Höhe des Überfalls und den Fliessgeschwindigkeiten bei der Tauchwand ab.

- **Verlegung der Kehle durch Geschwemmsel**

Mit dem Einsatz der Kehle zu anderen Jahreszeiten und an anderen Standorten wurde deren Anfälligkeit auf Verlegung durch Geschwemmsel erkannt. Da Geschwemmsel über einen langen Zeitraum auftreten kann (Algenbüschel und Makrophyten im Sommer, Blätter im Herbst) müssen je nach Gewässer und Gestaltung des Einlaufs der FAH zusätzliche Massnahmen zur Abweisung des Geschwemmsels vor dem Zählbecken geprüft werden.

- **Vermeiden von Verletzungen der Fische**

Verletzungen der Fische in einem Zählbecken lassen sich nicht vermeiden, sie können aber auf ein Minimum reduziert werden, wenn entsprechende Massnahmen getroffen werden: hohes Freibord zum Verhindern von Ausspringen aus dem Zählbecken, keine Überdachung mit Gittern in Sprunghöhe, keine scharfen Kanten, rauen Oberflächen oder spitze Winkel in Strömungsrichtung (siehe Kapitel 6). Verletzungen lassen sich ebenfalls minimieren durch ein ausreichend grosses Zählbecken, häufige Leerungen in Peakphasen der Wanderungen und ein schonendes Handling der Tiere (geübtes Zählpersonal, fischschonende Kescher, kurze Transportwege).

- **Pilotzählung vor der Fischaufstiegszählung**

Eine Pilotzählung mit einer kritischen Hinterfragung der Zählresultate und allfälligen zusätzlichen Untersuchungen (Videoaufnahmen, Markierexperimente) ermöglicht das Aufdecken von Schwachstellen vor der eigentlichen, aufwändigen Fischaufstiegszählung. Dadurch kann auch das Risiko einer fälschlicherweise negativen Bewertung bei Funktionskontrollen von FAH auf Grund von ungenügenden Fangeinrichtungen vermindert werden.

- **Zählkonzept**

Das Zählkonzept und die Zählperiode sind den Untersuchungszielen (bei Funktionskontrollen den Bewertungsvorgaben) und den Zielarten anzupassen. Bei Zählungen für Funktionskontrollen geht es nicht zwingend darum, jeden passierenden Fisch zu zählen. Wichtig ist es, den Nachweis der Passierbarkeit für die vorhandenen Zielarten und Grössenklassen nachzuweisen, z. B. bei



unterschiedlichen Abflüssen. Die Zählperiode ist daher den lokalen Gegebenheiten anzupassen. Bevorzugte Zeiten sind die Monate Mai-Juli (Aufstieg laichreifer Cypriniden) sowie die Monate August-Oktober (wichtiger Aufstieg der Jungfische). In Salmonidengewässern ist besonders die Periode Oktober-Dezember wichtig (Laichwanderungen).

- **Durchführung der Fischzählung**

Die Durchführung der Fischzählung spielt eine grosse Bedeutung für die Verlässlichkeit der Zählresultate. Die Fischbestimmung kann insbesondere in Cyprinidengewässern mit einer grossen Anzahl Arten und vielen kleinen Individuen eine grosse Herausforderung für Laien darstellen und zu Ungenauigkeiten bei den aufsteigenden Fischarten führen. Das Zählpersonal muss deshalb sehr gut instruiert und eng durch Fachpersonen begleitet werden. Neben der Fischbestimmung muss auch das Vorgehen in Ausnahmesituationen (Wanderpeaks) genau festgelegt und beim ersten Vorkommen gemeinsam mit einem Fischökologen durchgeführt werden. Nur so kann die zuverlässige Verwendbarkeit der mit grossem Aufwand generierten Daten gesichert werden.



6 Empfehlungen für Bau und Betrieb von Zählbecken

Anhand der Erkenntnisse des vorliegenden Projekts wurden Empfehlungen für den Bau und Betrieb von Zählbecken ausgearbeitet, die für die zukünftige Planung von Zählbecken zur Verfügung gestellt werden kann. Um zusätzlich die Kenntnisse und Erfahrungen verschiedener Akteure einzubeziehen, wurde ein Workshop mit verschiedenen Expertinnen und Experten geplant, bei dem ein Entwurf und offene Fragen diskutiert werden sollten. Aufgrund der Covid-19-Situation im Frühling 2020 musste der Workshop abgesagt werden. Stattdessen wurde ein Entwurf der Empfehlungen sowie ein Dokument mit offenen Fragen schriftlich an die Expertinnen und Experten verschickt. Folgende Personen wurden angefragt und liessen uns eine Rückmeldung zukommen:

Name(n)	Organisation
Thomas Amman	WWF
Alvaro Baumann y Carmona	BAFU, Sektion Sanierung Wasserkraft
Martina Breitenstein	WFN – Wasser Fisch Natur AG
Rebecca Froelich	Froelich AG
Karin Gafner	Fischereiinspektorat Kt. BE
Joachim Guthruf	Aquatica GmbH
Carl Robert Kriewitz	BKW Energie AG
Tabea Kropf	Sektion Jagd und Fischerei Kt. AG
Ricardo Mendez	
Ueli Rickenbacher	Axpo Power AG
Sergio di Michelangeli	
Fredy Murat	Fischereiverein Olten
Oliver Selz	Eawag
Gabriel van der Veer	Amt für Wald, Jagd und Fischerei Kt. SO
Roland von Arx	
Reto Fedeli	Alpiq Hydro Aare AG
Claudia Zaugg	Aquarius GmbH

Die Rückmeldungen zeigten, dass die befragten Personen grundsätzlich mit den Empfehlungen einverstanden waren. Dank der Umfrage konnten jedoch Unklarheiten (z. B. bez. des Anwendungsbereiches der Empfehlungen) aufgedeckt, zusätzliche Ideen (z. B. Einbauten als Verstecke für schwimmschwache Arten) einbezogen, mögliche Lösungen für offene Fragen (z. B. Verhindern von Ausschwimmen ins Oberwasser) aufgezeigt und die Relevanz verschiedener Punkte (z. B. Strömungsgeschwindigkeit im Zählbecken) angepasst werden. Die Rückmeldungen aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden in den Entwurf integriert und eine endgültige Fassung erstellt. Im Folgenden werden die Empfehlungen für den Bau und Betrieb von Zählbecken vorgestellt. Sie können als alleinstehendes Dokument veröffentlicht und an interessierte Personen abgegeben werden.



6.1 Ziel und Anwendungsbereich der Empfehlungen

Zählbecken an Fischaufstiegshilfen sind in der Schweiz ein verbreitetes Mittel für Funktionskontrollen und Bestandesmonitorings. Wie jede FAH stellt auch jedes Zählbecken einen Einzelfall dar und muss an die FAH, den Fischbestand und den Zweck der Aufstiegszählung angepasst sein. Eine vollständige Standardisierung der Zählbecken und die Angabe von allgemeingültigen Bauvorschriften sind deshalb nicht möglich. Damit die Aufstiegszahlen zuverlässig erhoben und die Zählungen für Fische und Zählpersonal sicher und effizient durchgeführt werden können, sind aber in jedem Fall bestimmte grundlegende Punkte zu beachten. Die folgenden Empfehlungen sollen diese Grundlagen liefern und so den Bau und Betrieb eines funktionsfähigen Zählbeckens erleichtern. Der Zweck des Betriebs eines ZB (biologische Funktionskontrolle FAH, Bestandesmonitoring, Fischfang für telemetrische Untersuchungen etc.) muss jedoch unbedingt vor dem Bau oder Umbau eines ZB definiert werden.

Die folgenden Empfehlungen basieren auf Aufstiegszählungen und Untersuchungen in grossen Mittellandgewässern. Sie gelten jedoch grundsätzlich für alle Gewässerregionen. Die Empfehlungen sollen einen Leitfaden für die Praxis darstellen, können aber eine genaue Planung durch erfahrene Ingenieure nicht vorwegnehmen. Auch die Auswertung der Fangzahlen mit einer biologisch korrekten und kritischen Interpretation der Ergebnisse, die hier nicht thematisiert werden, darf nicht vernachlässigt werden.

Mit zunehmender Erfahrung mit Zählbecken mit funktionierender Reusenkehle können die Empfehlungen erweitert oder angepasst werden. Da bei einigen Punkten (z. B. Scheucheffekt Kehle, Entweichen über den Einlauf) noch sehr wenig Erfahrungswerte bestehen, kann es sich lohnen, bestimmte Punkte der ZB stichprobenartig zu überprüfen («Vorversuche», z. B. mit Videoanalysen) um Schwachstellen aufzudecken und zu verbessern. Damit kann die Funktionsfähigkeit des ZB vor einer aufwendigen Zählung sichergestellt werden.

6.2 Empfehlungen für den Bau von Zählbecken

1. Standort und grundsätzliche Gestaltung

- 1.1 Das Zählbecken (ZB) ist generell am höchstmöglichen Punkt der Fischaufstiegsanlage (FAH) zu positionieren, damit die Gesamtanlage beurteilt werden kann.

Bei einheitlichen Anlagen (z. B. Schlitzpass mit gleichbleibendem Strömungsbild) kann das ZB wenn nötig weiter unten (aber so weit oben wie möglich) positioniert werden. Wenn ein ZB bei einer Anlage mit verschiedenen Bautypen nicht im obersten Bereich positioniert werden kann, sollte eine ergänzende Überprüfung der Funktionalität (biologische Wirkungskontrolle) mit zusätzlichen Methoden in Betracht gezogen werden (z. B. PIT-Tagging).

- 1.2 Wo möglich ist der gesamte Abfluss der FAH durch das ZB zu führen, um eine Ablenkung der Fische vom Einstieg in das ZB zu vermeiden. Allfällige schwankende Oberwasserspiegel und die Auswirkungen auf die Verhältnisse im ZB müssen berücksichtigt werden.

- 1.3 Die Grösse des ZB ist anhand dessen Zwecks und anhand des erwarteten Fischaufkommens zu bemessen. Sie wird jedoch auch durch die örtlichen Platzverhältnisse und die Linienführung der FAH beeinflusst, weshalb die Beckengrösse situationsbedingt festgelegt werden muss.

Anhand der bisherigen Erfahrungen sollte z. B. ein ZB an einem grossen Mittellandfluss eine Beckengrösse von mindestens 15 m³ aufweisen.



- 1.4 Die Fliessgeschwindigkeit im ZB darf die Dauerschwimmgeschwindigkeit («*cruising speed*», zirka zweimal die Körperlänge des Fisches/s) der Fische in einem überwiegenden Teilbereich des Beckens nicht überschreiten. Bei ausreichend dimensionierten Becken sollte die Einhaltung genügend tiefer Fliessgeschwindigkeiten kein Problem darstellen.

Einbauten im Zählbecken können strömungsberuhigte Zonen schaffen und als Verstecke vor Prädatoren dienen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass beim Entleerungsvorgang keine Fische stranden können und die Einbauten einfach im Unterhalt sind (Verlanden, Verstopfen mit Algen und Makrophyten).

- 1.5 Es ist zu möglichst zu verhindern, dass sich im Zählbecken aus dem Wasser springende Fische verletzen oder an Land verenden. Dazu ist ein genügend hoher Freibord erforderlich (min. 1 m, insbesondere im turbulenten Bereich am Einlauf).

Konstruktionen, die eine Abdeckung (Gitter, Platten o. ä.) knapp über der Oberfläche benötigen, sind zu vermeiden (hohes Verletzungspotential für springende Fische). Ein Schutz gegen fischfressende Vögel ist wo nötig in grösserem Abstand zur Wasseroberfläche vorzusehen.

2. Einstieg

- 2.1 Der Einstieg ins ZB ist als Schlitz (von der Sohle bis über die Wasseroberfläche) zu gestalten, mit einem möglichst stufenlosen Sohlenanschluss zum Unterwasser. Die hydraulischen Bedingungen im Einstieg sollen der eines üblichen Schlitzes der FAH entsprechen, wobei die Auswirkungen der Kehle (Verengung des Querschnitts vor dem Einstieg, längerer Schwimmweg in der Hauptströmung) zu berücksichtigen sind.

- 2.1 Der Einstieg ist mit einer geeigneten Kehle zu versehen, um ein Ausschwimmen der Fische zu verhindern. Gleichzeitig muss die Selektivität der Kehle (Scheucheffekt) möglichst geringgehalten werden.

Empfohlen wird eine kombinierte Kehle aus einem Metall- und einem Netztrichter nach Wilmsmeier et al. 2020 bzw. Fladung & Nijssen 2019. Die genauen Abmessungen müssen anhand der Gegebenheiten im Becken festgelegt werden, wobei jeweils ein Kompromiss zwischen der Länge und dem Verjüngungswinkel der Kehle (sollte seitlich 30°, bodenseitig für bodenorientierte Fische 8.5° nicht überschreiten) gefunden werden muss. Andere Kehltypen werden nicht empfohlen ausser sie wurden im Voraus gründlich auf ihre Fängigkeit überprüft.

- 2.3 Die Mittelachse der Kehle soll entlang der Hauptströmung im ZB verlaufen, allerdings nicht entlang einer Wand (leichtere Auffindbarkeit für Ausschwimmen, erhöhte Verletzungsgefahr). Dazu sind gegebenenfalls strömungslenkende Einbauten im ZB erforderlich.

- 2.4 Mit einem Lochblech und Führungsschienen am Einstieg kann dieser manuell und sehr schnell verschlossen werden. Damit kann verhindert werden, dass Fische beim Leerungsvorgang durch die Kehle ausschwimmen (keine bis entgegengesetzte Strömung) oder ein ständiger Wasseraustausch bei geschlossenem Einlauf gewährleistet werden (z. B. bei sehr hohen Fischdichten oder der Nutzung als Hälterungsbecken).



3. Einlauf

- 3.1 Ein Entweichen der Fische über den Einlauf ins Oberwasser ist zu verhindern. Da die Relevanz dieses Problems erst mit dem Einsatz von funktionierenden Kehlen erkannt wurde, gibt es noch keine erprobten Lösungen. Mögliche Massnahmen sind ein ausreichend hoher Überfall (>50 cm) mit vorgelagerter Tauchwand, die Wasserzuleitung über eine Druckleitung aus dem Oberwasser bzw. einem weiter oben gelegenen Becken, hohe Fliessgeschwindigkeiten durch einen verkleinerten Einlauf-Querschnitt oder eine Abgrenzung gegen das Oberwasser mit Feinrechen.
- 3.1 Um eine Verlegung der Kehle mit Treibgut (Algen, Blätter etc.) zu verhindern, muss dieses vor dem Einlauf ins ZB abgefangen bzw. weggeleitet werden. Auch dies ist ein neues und bisher ungelöstes Problem und kann je nach Situation eine grosse Herausforderung darstellen. Insbesondere in Gewässern mit hohem Cladophora-Vorkommen sind Tauchwände in der Regel nicht ausreichend um die Algenbüschel abzuhalten.
- 3.2 Unter Umständen können Fische über den Einlauf von oben in das ZB gelangen und so die Aufstiegszählungen verfälschen. Dies gilt es wo nötig zu verhindern, bei einem Verdacht (z. B. Jungfische im ZB) können Videoaufnahmen vom Einlauf ins ZB Klarheit bringen.

4. Innengestaltung

- 4.1 Um Verletzungen im ZB möglichst gering zu halten, sind scharfe Kanten, hervorstehende Metallteile, raue Oberflächen und spitze Winkel zu vermeiden. Unvermeidbare spitze Winkel (z. B. zwischen Kehle und Boden des ZB) können mit Lochblechen verschlossen oder mit Keilen verfüllt werden, damit sich keine Fische einklemmen können (bei der Planung zu berücksichtigen).
- 4.2 Für die Leerung des ZB ist ein stufenlos und schnell dosierbarer Ablass (Schieber oder Stöpsel) fischsicher einzubauen (Abtrennung durch Lochblech).
- 4.3 Der Boden ist in Richtung einer vertieften Fangrinne deutlich abschüssig zu gestalten, wobei die Arbeitssicherheit zu gewährleisten ist. Die Fangrinne soll mit glattem Material (z. B. Edelstahl) ausgekleidet werden. Eine stufenartige Vertiefung ermöglicht eine immer weitere Konzentration der Fische und erleichtert so deren Fang. Dabei sollte die kleinste Breite der Fangrinne der Breite eines handelsüblichen Keschers entsprechen (z. B. 60 cm).
- 4.4 Für länger andauernde Zählungen ist eine direkte Frischwasserzufuhr (Flusswasser) in die Fangrinne zu ermöglichen.



6.3 Empfehlungen für den Betrieb von Zählbecken

5. Durchführung von Fischzählungen

- 5.1 Die Zählperiode und -häufigkeit muss dem Zweck der Aufstiegszählung (Monitoring / Funktionskontrolle, Zielarten etc.) angepasst werden (für Funktionskontrollen vgl. Woschitz et al. 2020 und Zaugg et al. 2016). Von einzelnen, stichprobenartigen Zähltagen wird aufgrund der hohen Schwankungen der Anzahl aufsteigender Fische abgeraten. Regelmässige Zählungen mit kurzen Intervallen (jeden zweiten Tag) können die Fischwanderung nach bisherigen Erkenntnissen hingegen relativ genau wiedergeben.
- 5.2 Ist das ZB in Betrieb, müssen die Fische mindestens einmal täglich, bei hohem Fischaufkommen öfter, gezählt und aus dem ZB entlassen werden. Eine Fischzählung am Morgen ist, wenn möglich, zu bevorzugen um die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Fische im ZB möglichst gering zu halten.
- 5.3 Fischzählungen sind nur von speziell geschultem Personal mit sehr guten Fischartenkenntnissen durchzuführen. Zählungen mit Freiwilligen müssen eng von Fachpersonen begleitet werden. Neben den Artenkenntnissen ist das Zählpersonal im schonenden Handling der Fische sowie dem Umgang mit Ausnahmesituationen (z. B. Stichproben bei Massenaufstiegen) zu schulen. Bei seltenen und schwierig zu bestimmenden Arten können Fotonachweise der späteren Überprüfung durch Fachpersonen dienen.
- 5.4 Neben Art und Anzahl der Fische ist auch deren Grösse (effektive Längen oder Grössenklassen) und u. U. Anomalien/Verletzungen oder die Geschlechtsreife (nur wenn eindeutig feststellbar) zu erheben. Je nach Ziel der Untersuchung sind zudem abiotische Faktoren (Temperatur, Abfluss, Trübung etc.) manuell oder automatisch (Logger) festzuhalten.

6. Einrichtungen für die Fischzählung

Eine effiziente und sichere Fischzählung verbessert die Bedingungen für Fische und Zählpersonal. Folgende Komponenten erleichtern die Zählung:

Bauliche Voraussetzungen (Verantwortlichkeit Kraftwerksbetreiber, sollten bereits bei der Planung berücksichtigt werden):

- Einfache Einstiegsmöglichkeit für Zählpersonal (Treppe mit rutschsicherer Oberfläche, Leiter nur in Ausnahmesituationen)
- Fischrückgabe ins Oberwasser über bewässerte Rutsche
- Witterungsschutz, Tisch, Sitzgelegenheit, Licht (bei ZB und Aussenbereich, für Zählungen bei früher Dämmerung)
- Fischschonende Kescher, Breite passend zur Fangrinne

Unterlagen und Material für die Zählung (Verantwortlichkeit begleitendes Fachbüro):

- Dem Fischvorkommen angepasste Bestimmungsliteratur
- Übersichtliche und vollständige Protokollblätter
- Kamera und Küvette für die Dokumentation nicht identifizierbarer und seltener Arten



7 Dank

Wir bedanken uns beim Bundesamt für Umwelt (BAFU), welches diese Studie ermöglichte. Ansprechpartner war Alvaro Baumann y Carmona.

Ein herzliches Danke geht an die Zählmannschaft des Fischereivereins Olten für die Durchführung der Fischzählungen, insbesondere an Fredy Murat für die Koordination der Beteiligten. Der Alpiq Hydro Aare AG, besonders Roland von Arx und den Mitarbeitern des KW Gösgen, danken wir für die gute Zusammenarbeit, die Bereitstellung und Installation der Zähleinrichtung am Zählbecken Winznau und die Bereitstellung der Abflussdaten. Auch beim Amt für Wald, Jagd und Fischerei des Kantons Solothurn (AWJF) und Gabriel van der Veer bedanken wir uns für die Kooperation sowie für die zusätzlich ermöglichte Durchführung der Befischungen des Unterwassers.

Für die Untersuchungen am Wehrkraftwerk des Hydraulischen Kraftwerks Beznau bedanken wir uns bei der Axpo Power AG (Ricardo Mendez, Ueli Rickenbacher und Sergio di Michelangeli) für die unkomplizierte Zusammenarbeit und die Möglichkeit, die kombinierte Kehle an ihrem Becken zu installieren, sowie bei Rebecca Froelich und ihrem Team von der Froelich AG für die Durchführung der Fischzählung.

Weiter bedanken wir uns für die Kooperation und gute Zusammenarbeit bei der WFN (Wasser Fisch Natur AG) mit Arthur Kirchhofer und Markus Flück, sowie der BKW Energie AG und dem Fischereinspektorat Bern (Daniel Bernet) im Rahmen der Untersuchungen am Kraftwerk Hagneck.

Joachim Guthruf vom Büro Aquatica GmbH danken wir für die Bereitstellung der Aufstiegszahlen der Kraftwerke Ryburg-Schwörstadt und Augst.

Last but not least bedanken wir uns bei allen Beteiligten des Workshops bzw. der Umfrage für ihre Einschätzungen und zusätzlichen Inputs zu den Empfehlungen für den Bau und Betrieb von Zählbecken.



8 Literatur

- Benitez, J. P., Nzau Matondo, B., Dierckx, A. & Ovidio, M. (2015). An overview of potamodromous fish upstream movements in medium-sized rivers, by means of fish passes monitoring. *Aquatic Ecology*, 49 (4), 481–497.
- Binder, T. R., McLaughlin, R. L. & McDonald, D. G. (2010). Relative Importance of Water Temperature, Water Level, and Lunar Cycle to Migratory Activity in Spawning-Phase Sea Lampreys in Lake Ontario. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139 (3), 700–712.
- Breitenstein, M., Kirchhofer, A., Hoppeler, L., Bruppacher, L. & Flück, M. (2019). Erneuerung Kraftwerk Hagneck - Wirkungskontrolle Fischaufstieg. Teil A: Nachweis der Funktionstüchtigkeit des Umgehungsgewässers als Fischaufstiegshilfe und der Eignung als Lebensraum für Fische. Im Auftrag der Bielerseekraftwerke AG. 82 S.
- Breitenstein, M., Kirchhofer, A., Hoppler, L., Bruppacher, L. & Flück, M. (in Bearbeitung). Erneuerung Kraftwerk Rüchlig Aarau. Wirkungskontrolle Fischaufstiegshilfen - Entwurf. Im Auftrag der Axpo Power AG. 79 S.
- Bunt, C. M., Van Poorten, B. T. & Wong, L. (2001). Denil fishway utilization patterns and passage of several warmwater species relative to seasonal, thermal and hydraulic dynamics. *Ecology of Freshwater Fish*, 10 (4), 212–219.
- Fahrni, A. & Witschi, F. (2019). Aare. In S. Muhar, A. Muhar, G. Egger & D. Siegrist (Hrsg.), *Flüsse der Alpen* (S. 350–353). Haupt Verlag Bern.
- Fladung, E. & Nijssen, D. (2019). Entwicklung einer Standardreue zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen. Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen - Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen. 6. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstrassen (S. 60–67). Bundesanstalt für Gewässerkunde: Koblenz.
- Fladung, E., Zahn, S., Naas, C. & Knösche, R. (2017). Entwicklung und Bau von Standard-Kastenreusen für die Kontrolle von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstrassen. Bericht zur Grundlagenermittlung / Literaturrecherche. Studie im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). 40 S.
- Gebler, R. J. (2010). Zählbecken - eine Fisch schonende Methode zur Funktionskontrolle von Fischwegen. *WasserWirtschaft*, 3, 26–29.
- Guthruf, J. (2008). Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. Umwelt-Wissen Nr. 8010. Bundesamt für Umwelt BAFU: Bern. 161 S.
- Guthruf, J. & Dönni, W. (in Bearbeitung). Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2016-17. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. 209 S.
- Mueller, M., Pander, J. & Geist, J. (2017). Evaluation of external fish injury caused by hydropower plants based on a novel field-based protocol. *Fisheries Management and Ecology*, 24 (3), 240–255.
- Peter, A., Mettler, R. & Schölzel, N. (2016). Kurzbericht zum Vorprojekt „PIT-Tagging Untersuchungen am Hochrhein – Kraftwerk Rheinfelden“. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. 45 S.
- R Development Core Team. (2013). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing: Wien.
- Savin, N. E. & White, K. J. (1977). The Durbin-Watson Test for Serial Correlation with Extreme Sample Sizes or Many Regressors. *Econometrica*, 45 (8), 1989–1996.



- Schwevers, U., Adam, B. & Mögeltönder-Löwenberg, S. (in Bearbeitung). PIT-Tagging Hochrhein. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. 215 S.
- Stuart, I. G., Zampatti, B. P. & Baumgartner, L. J. (2008). Can a low-gradient vertical-slot fishway provide passage for a lowland river fish community? *Marine and Freshwater Research*, 59 (4), 332–346.
- Time and Date AS. (o. J.). www.timeanddate.de. Aufgerufen am 27.07.2020.
- Travade, F. & Larinier, M. (1994). Les techniques de contrôle des passes à poissons. Passes à poissons. Expertise et conception des ouvrages de franchissement. 232–251.
- Ulrich, J. (2010). Optimierung des Beckenfischpasses am Rheinkraftwerk Wyhlen. *WasserWirtschaft*, 3, 20–25.
- Wilmsmeier, L. & Peter, A. (2018). Fischwanderung : Kontrollinstrument Zählbecken. Zwischenbericht 1. Phase: Problemerkennung. Studie im Auftrag der Bundesamtes für Umwelt BAFU. 25 S.
- Wilmsmeier, L., Schölzel, N., Baumann y Carmona, A. & Peter, A. (2020). Fischzählbecken - Die unterschätzte Bedeutung der Reusenkehle. *WasserWirtschaft*, 2–3, 55–62.
- Wilmsmeier, L., Schölzel, N. & Peter, A. (2018). Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken. Die unterschätzte Bedeutung der Reusenkehle. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. 48 S.
- Woschitz, G., Gumpinger, C., Guttman, S. & Zeiringer, B. (2020). Richtlinie 1/2003 i.d.F 2020. Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischaufstiegshilfen und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Richtlinien der Fachgruppe Fischereisachverständige beim Österreichischen Fischereiverband. 45 S.
- Zaugg, C., Boller, L., Dönni, W. & Guthruf, J. (2016). Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit. Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. 30 S.



9 Anhang

Tabelle 11: Abmessungen der verwendeten Zählbecken und Reusenkehlen

	Winznau	Beznau	Hagneck
Zählbecken			
Länge	5 m	6 m	6.2 m
Breite	1.2 m	3.65 m	3.8 m
Höhe Wasserstand	0.75 m	0.8 m	1.1 m
Volumen (LxBxH)	7.5 m ³	17.5 m ³	25.9 m ³
Einstieg:			
- Breite	56 cm	49 cm	50 cm
- Höhe	50 cm	107 cm	110 cm
Kehle			
Typ	Kombinierte Kehle	Kombinierte Kehle	Flexible Stabkehle
Länge	96 cm	100 cm	50 cm
Kehlenöffnung			
- Breite	11 cm	12 cm	Stäbe kommen vorne zusammen
- Höhe	25 cm	37 cm	
- Abstand zum Boden	27 cm	21 cm	
Verjüngungswinkel			
- Seitlich	17.3°	23.6°	23.6°
- Ab Boden	15°	14.4°	22.9°



Alet

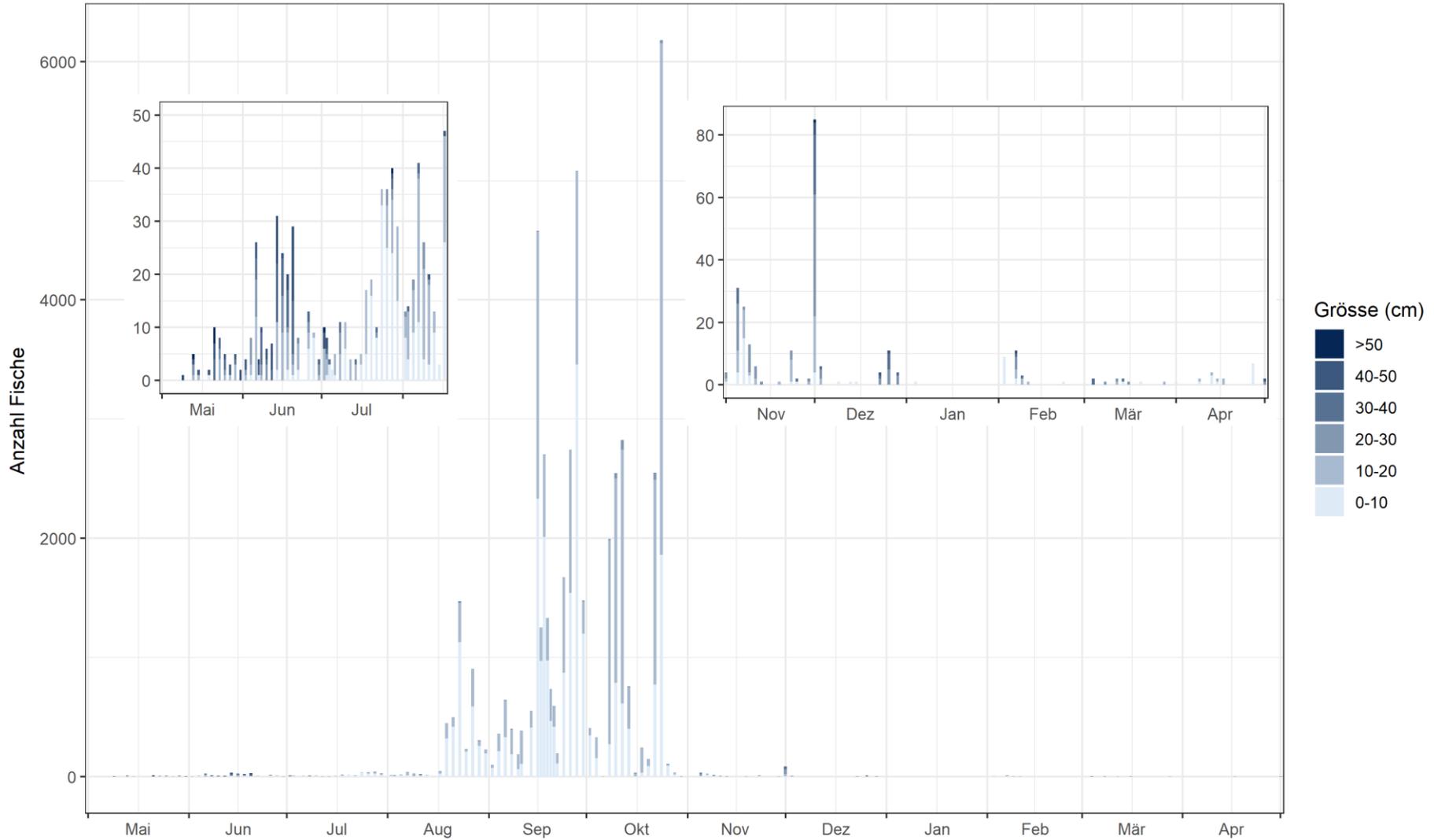


Abbildung 31: Tägliche Fangzahlen der Alet nach Größenklasse. Zur besseren Lesbarkeit sind die Zeiträume Mai - Mitte August und November - April zusätzlich mit angepassten Ordinatenachsen dargestellt.



Barbe

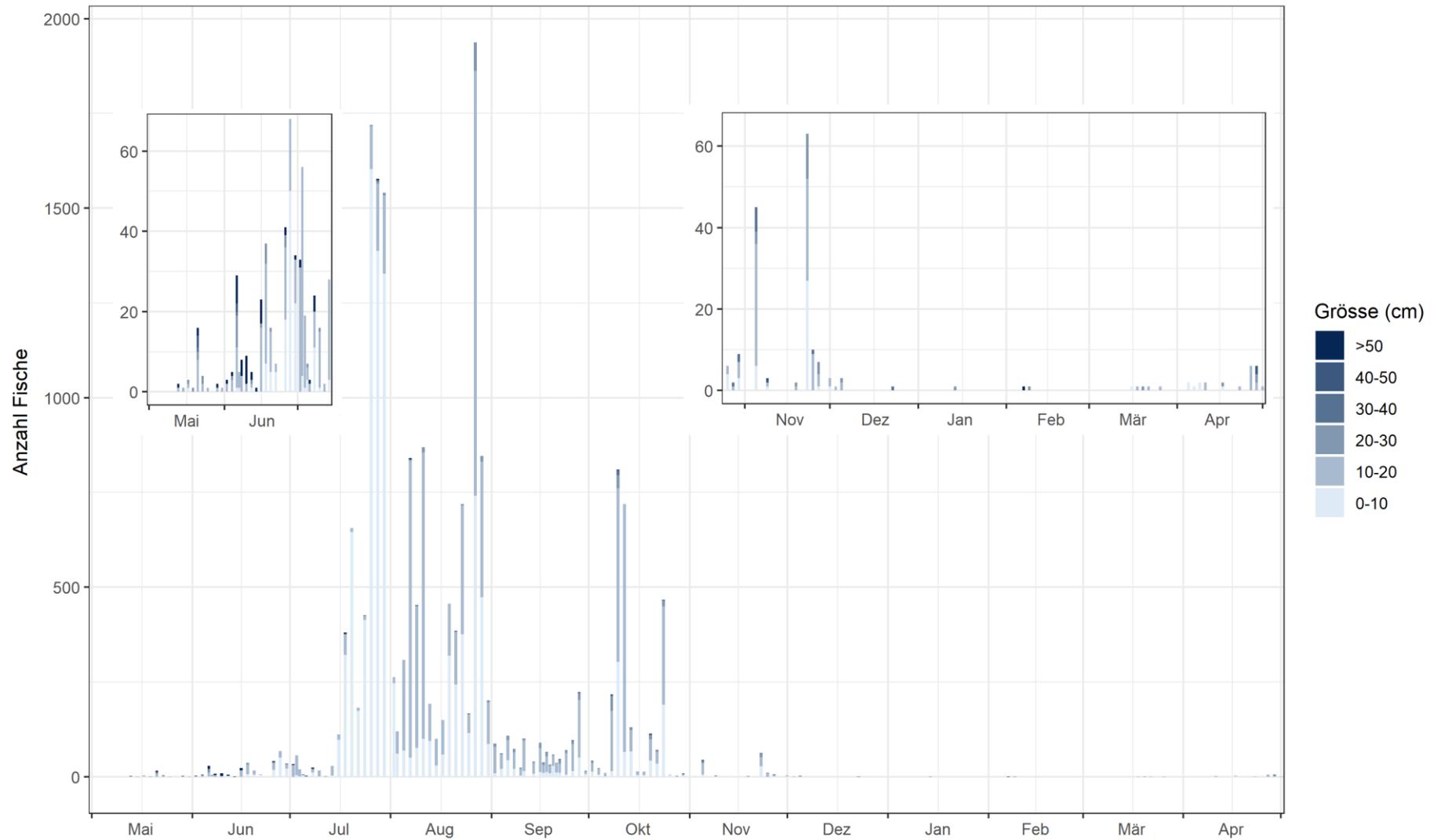


Abbildung 32: Tägliche Fangzahlen der Barben nach Grössenklasse. Zur besseren Lesbarkeit sind die Zeiträume Mai - Mitte Juli und November - April zusätzlich mit angepassten Ordinatenachsen dargestellt.



Rotauge

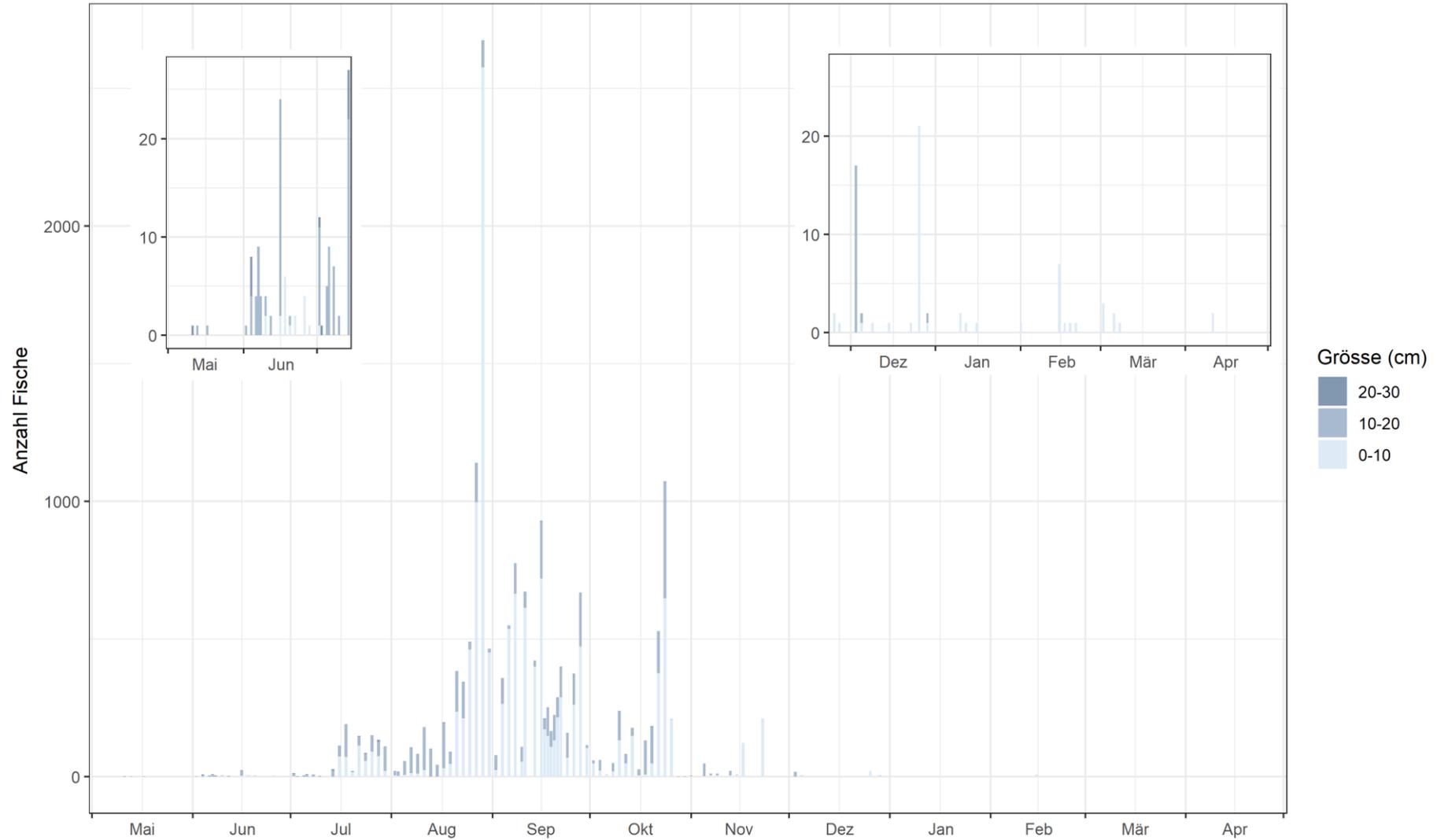


Abbildung 33: Tägliche Fangzahlen der Rotaugen nach Grössenklasse. Zur besseren Lesbarkeit sind die Zeiträume Mai - Mitte Juli und Dezember - April zusätzlich mit angepassten Ordinatenachsen dargestellt.



Schneider

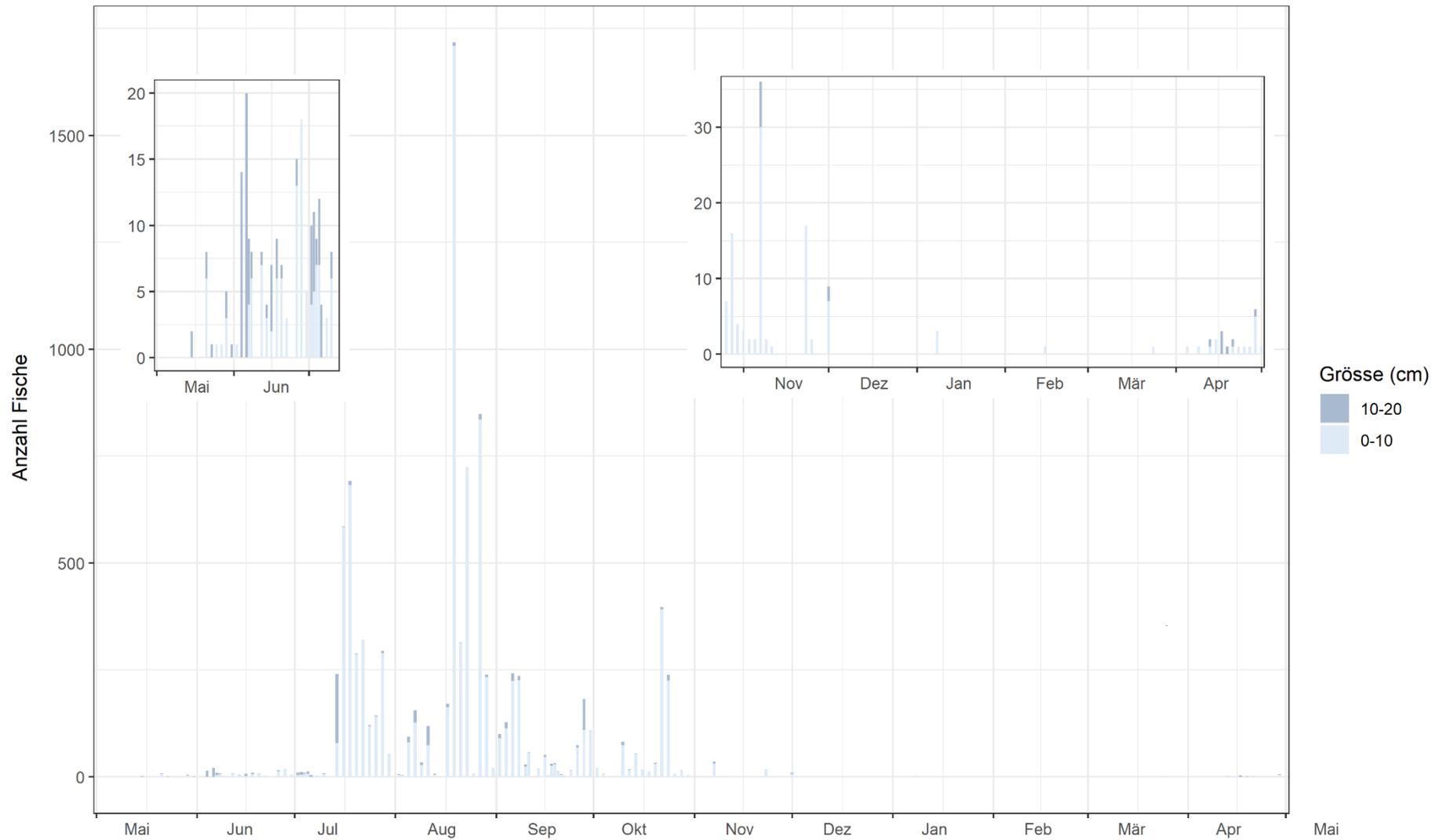


Abbildung 34: Tägliche Fangzahlen der Schneider nach Grössenklasse. Zur besseren Lesbarkeit sind die Zeiträume Mai - Mitte Juli und November - April zusätzlich mit angepassten Ordinatenachsen dargestellt.



Egli

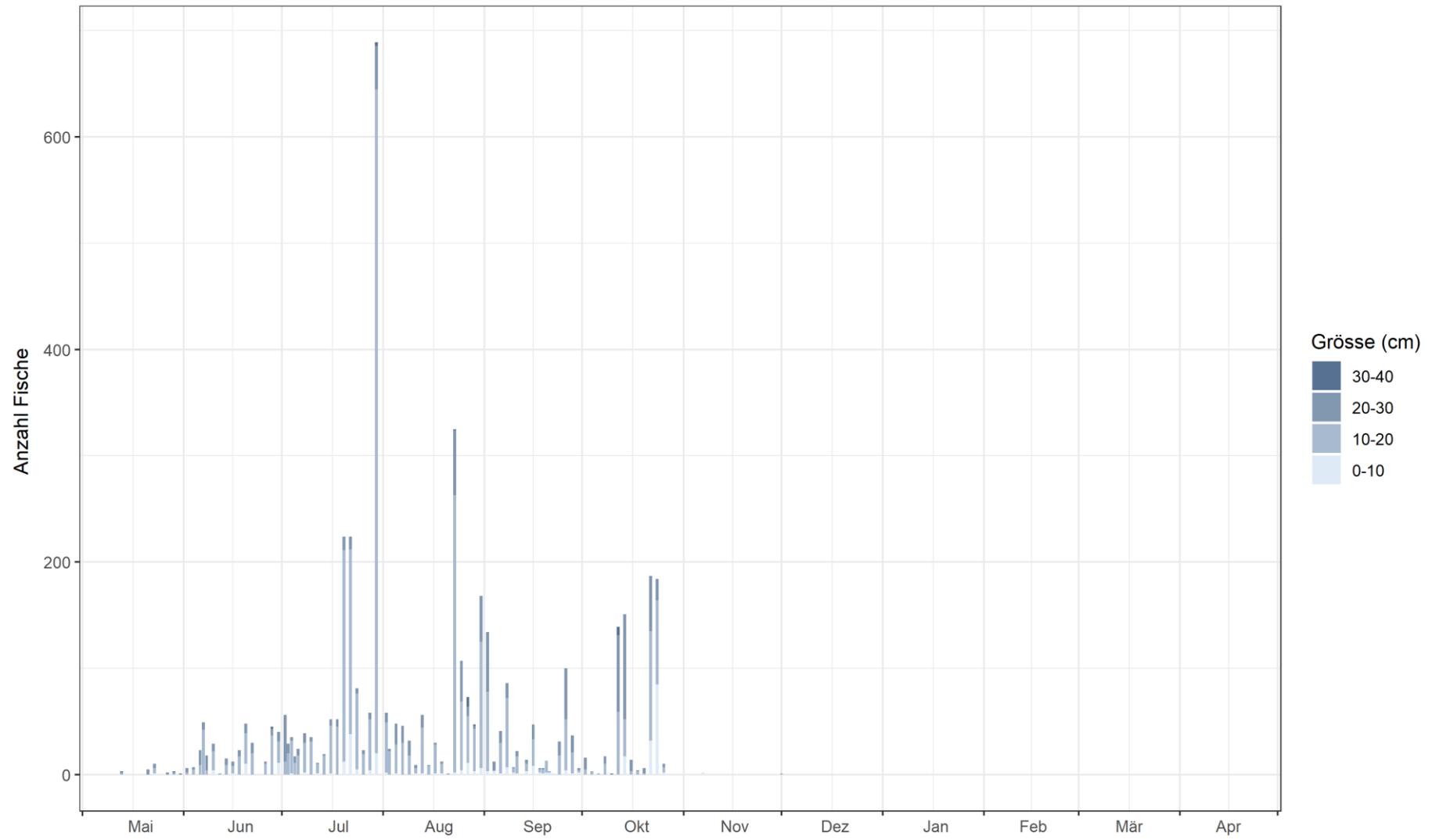


Abbildung 35: Tägliche Fangzahlen der Egli nach Grössenklasse



Laube

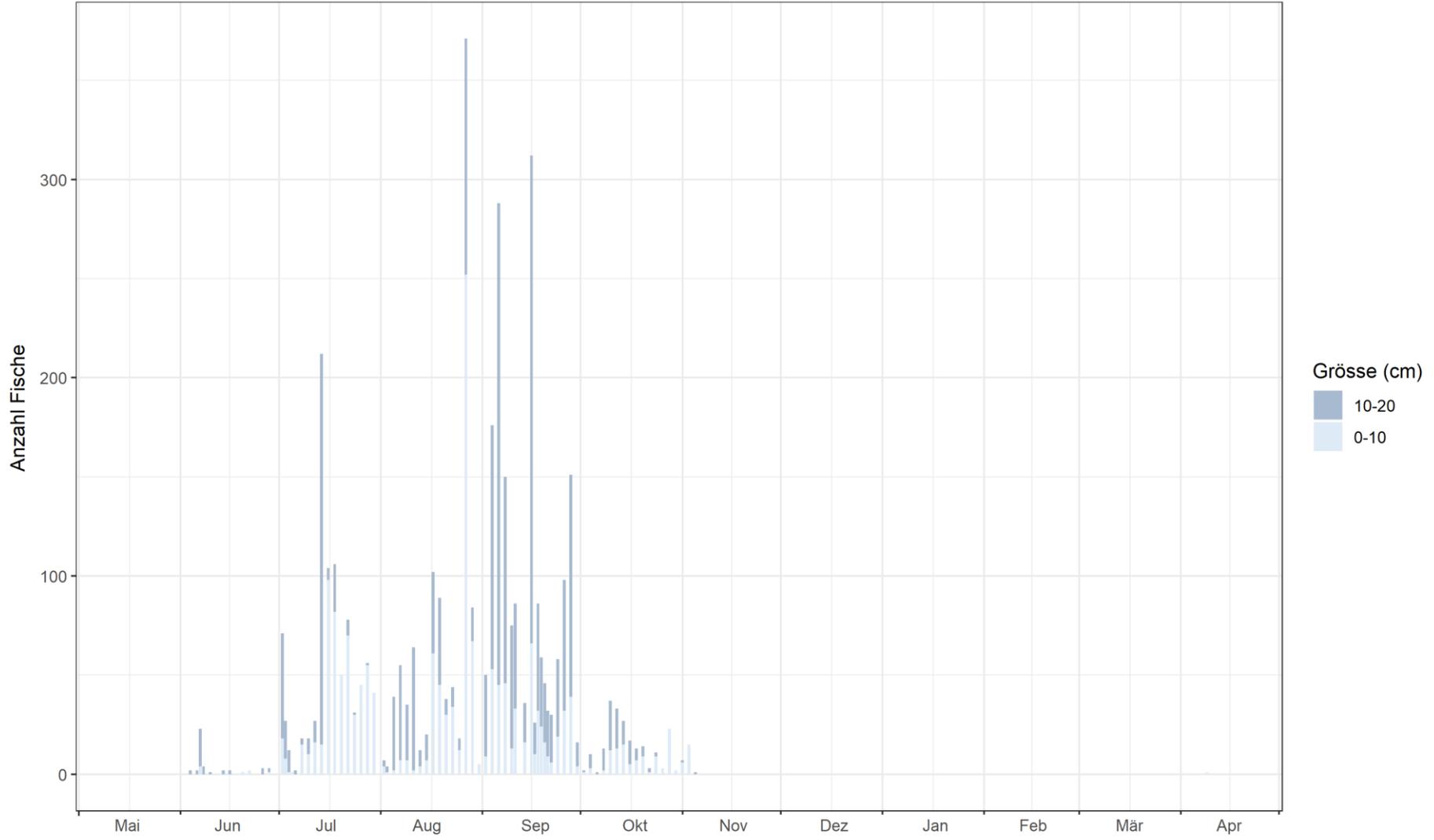


Abbildung 36: Tägliche Fangzahlen der Lauben nach Größenklasse



Hasel

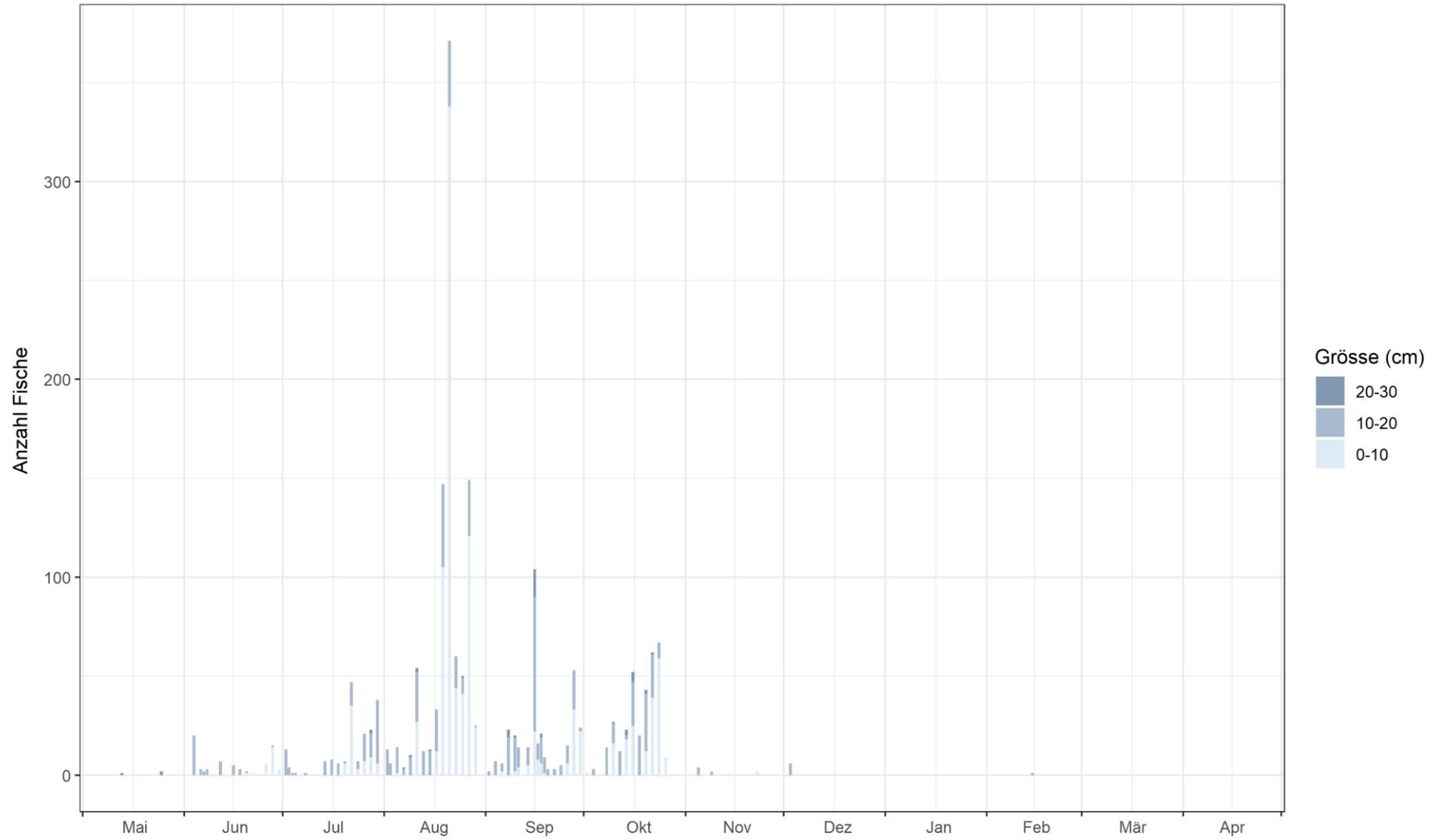


Abbildung 37: Tägliche Fangzahlen der Hasel nach Größenklasse



Nase

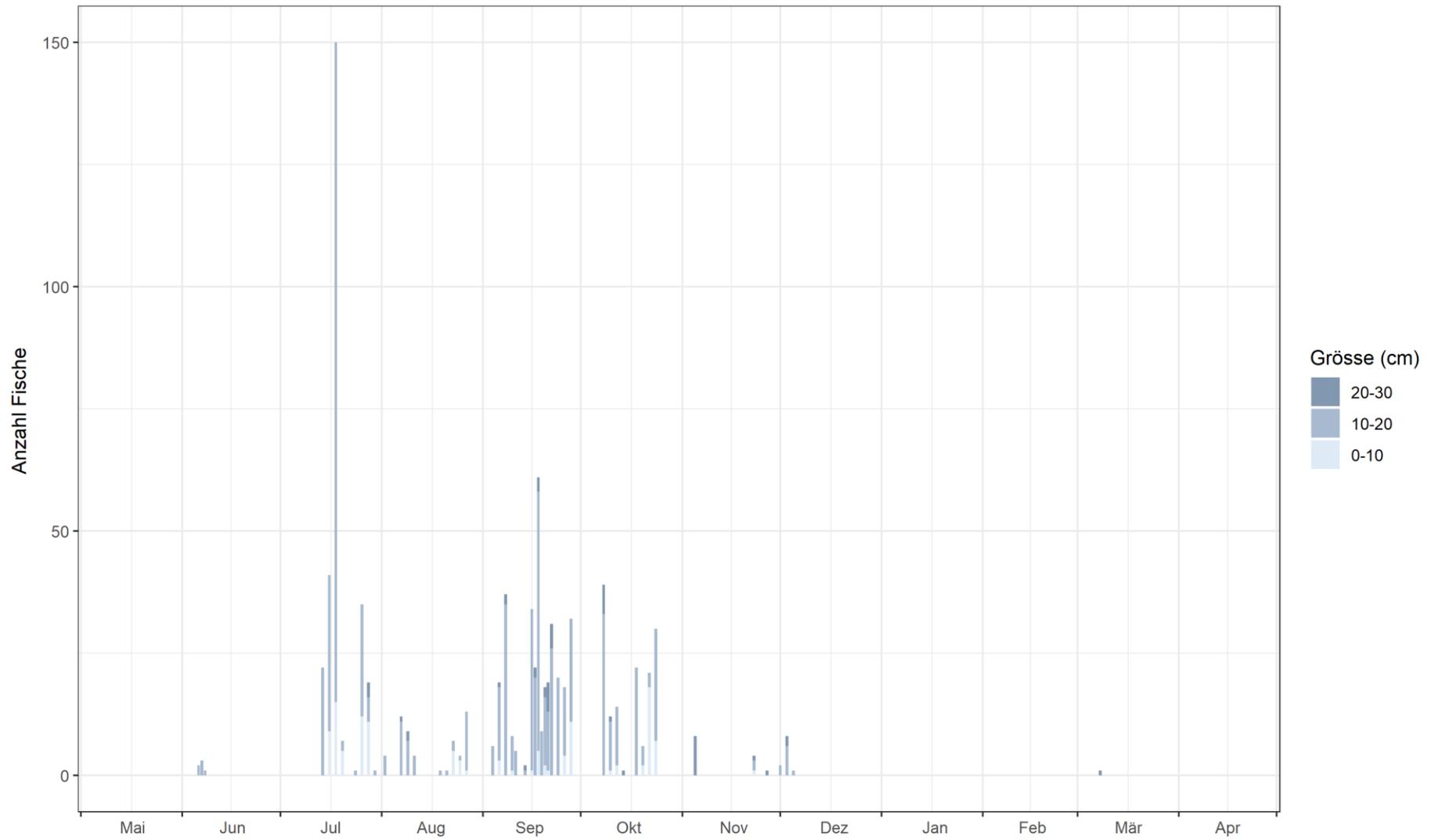


Abbildung 38: Tägliche Fangzahlen der Nasen nach Grössenklasse



Gründling

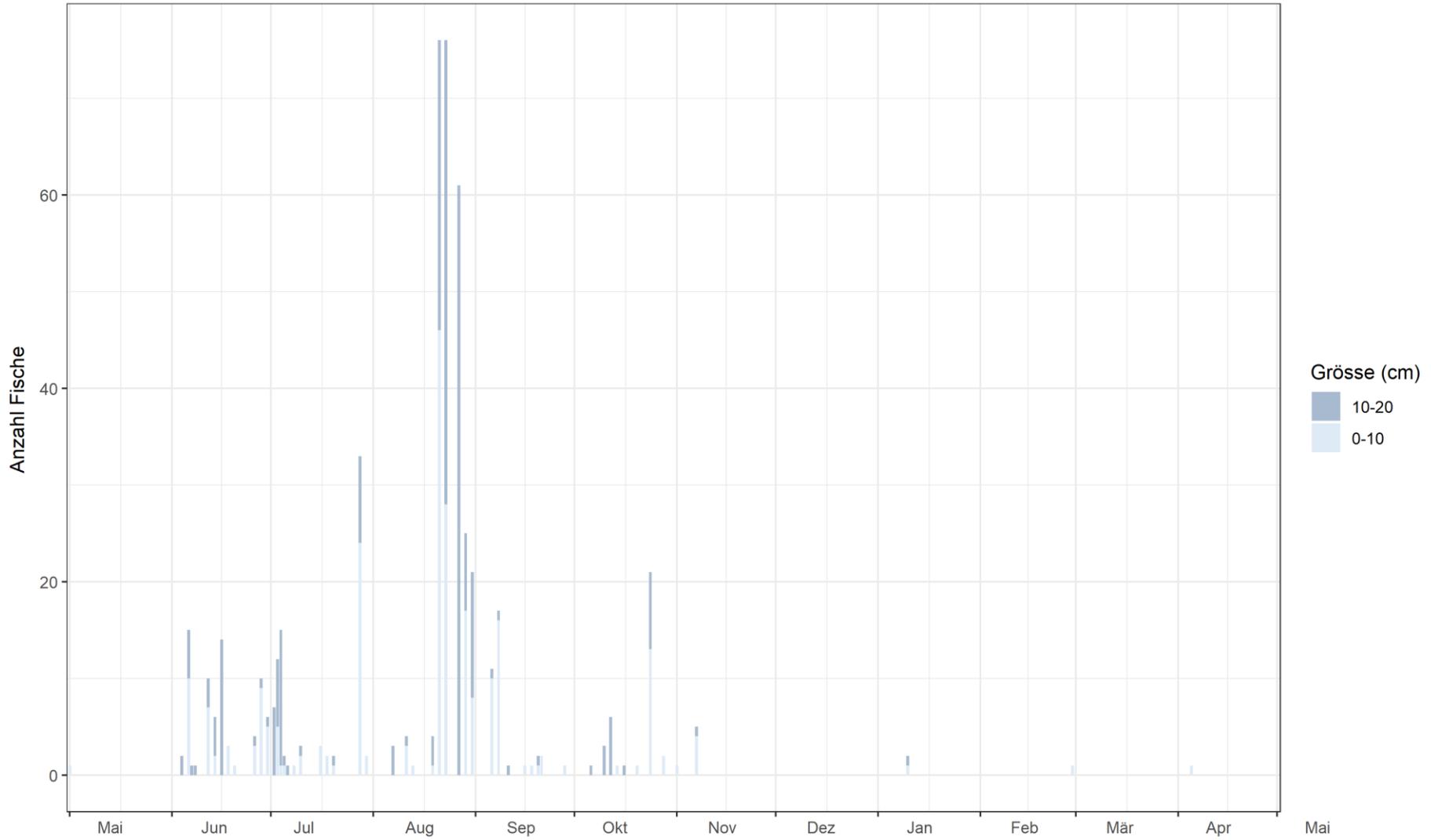


Abbildung 39: Tägliche Fangzahlen der Gründlinge nach Größenklasse



Elritze

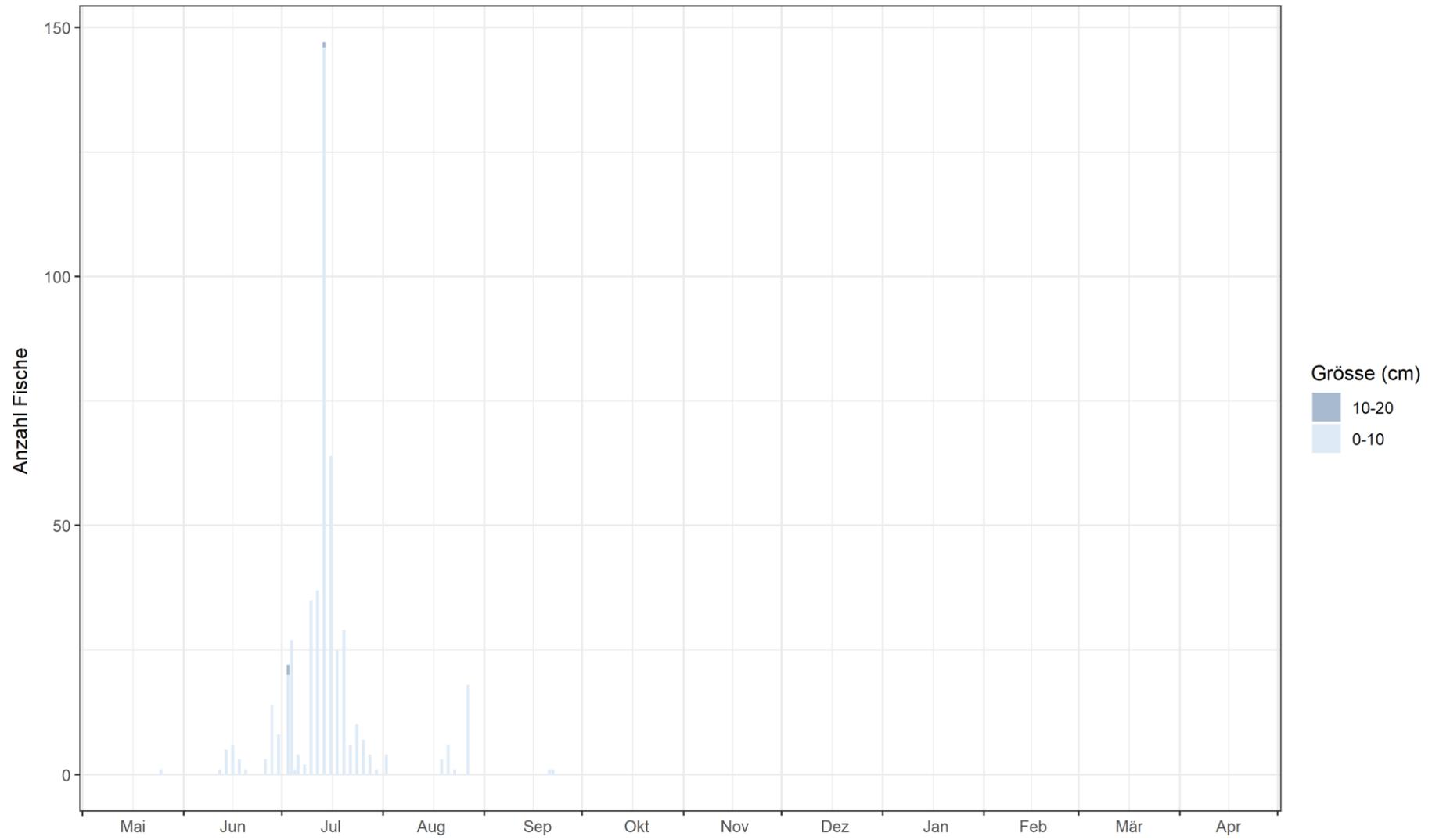


Abbildung 40: Tägliche Fangzahlen der Elritzen nach Grössenklasse



Bachforelle

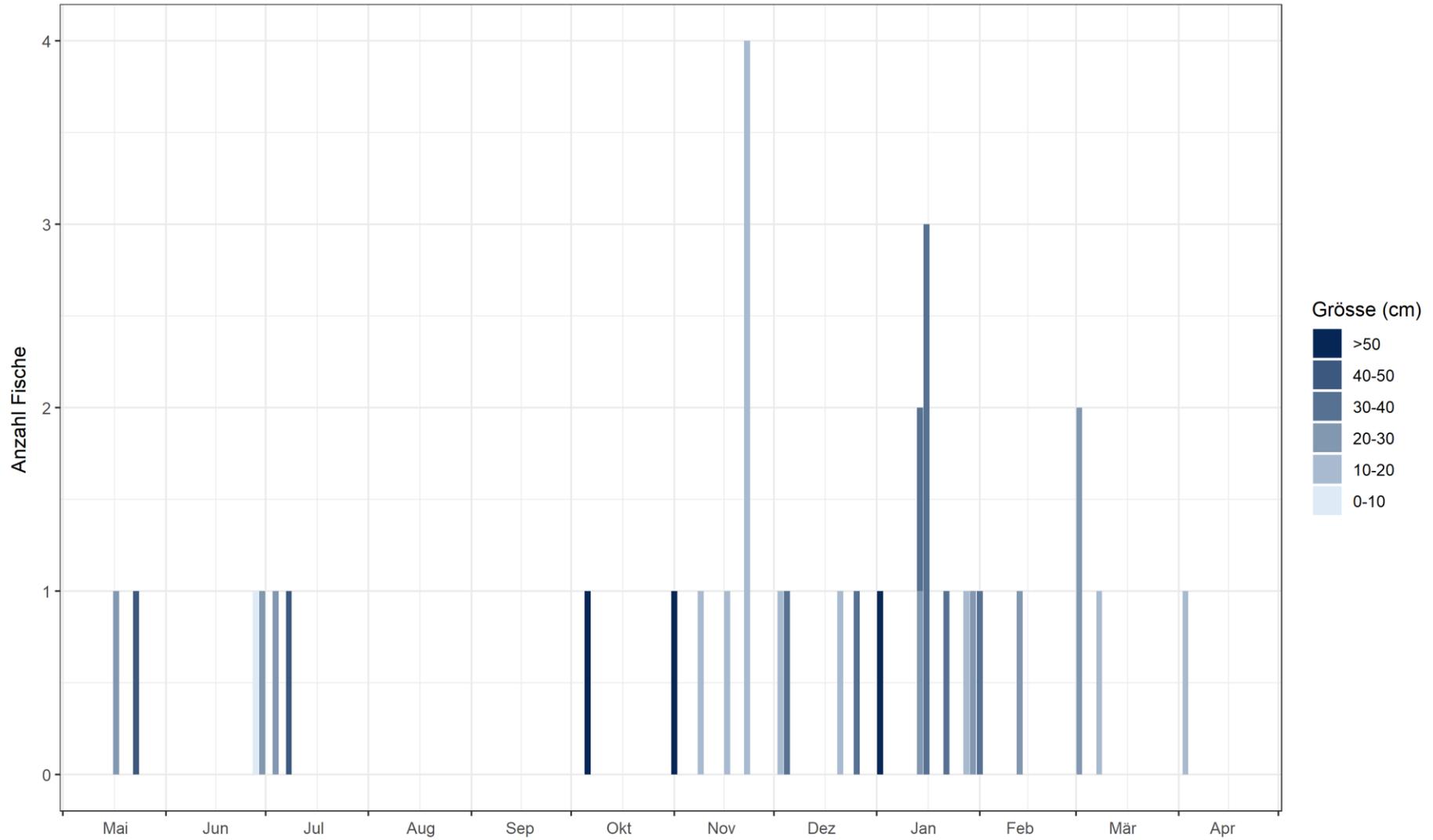


Abbildung 41: Tägliche Fangzahlen der Bachforellen nach Grössenklasse



Äsche

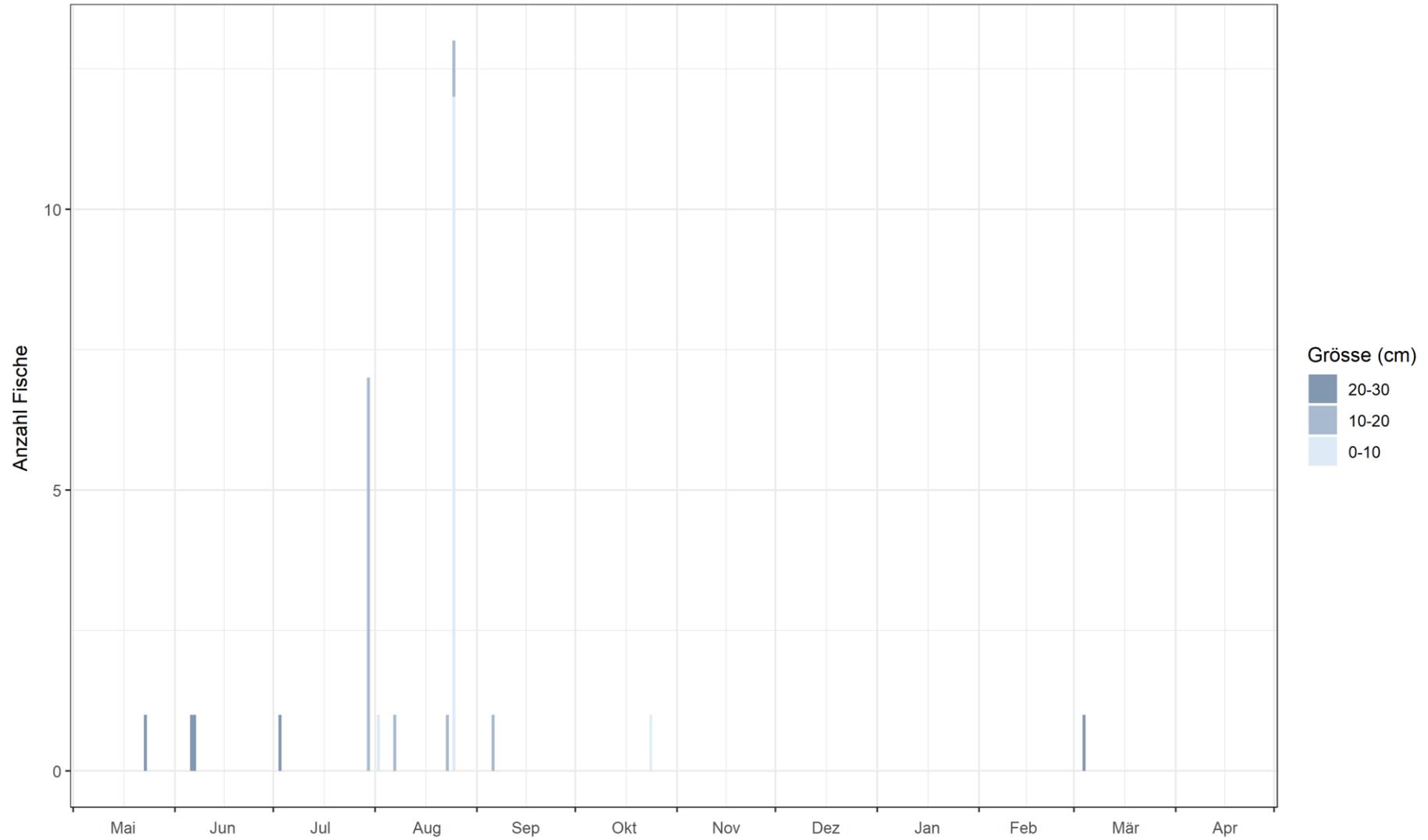


Abbildung 42: Tägliche Fangzahlen der Äschen nach Grössenklasse



Tabelle 12: Resultate verschiedener Fischaufstiegszählungen an Aare und Rhein. Untersuchungen mit Zählbecken sind hellblau markiert, Zählungen, die nicht über ein volles Jahr durchgeführt wurden, werden in grauer Schrift wiedergegeben. Die Benennung der Standorte folgt denen der Originalpublikationen (MH: Maschinenhaus, W:Wehr). Details der verwendeten Fangeinrichtungen werden dort wiedergegeben, wo die Originalpublikationen Angaben aufweisen oder die Fangeinrichtungen der FishConsulting GmbH bekannt sind. Für die Zählungen am Hochrhein wurden die Anzahl Fische Total der Tabelle 23 entnommen, die der Fische/Tag den Faktenblättern (Kap. 8.9; Guthruf & Dönni in Bearb.). Welche Zählperioden und wie viele Fangtage für die Berechnung des Tagesdurchschnitts verwendet wurden, ist aus der Originalpublikation z. T. nicht ersichtlich. Die Fangzahlen der Zählbecken wurden bei Guthruf & Dönni (in Bearb.) korrigiert, um ein Vergleich mit den Reusen zu ermöglichen (kleine Fische, die durch die Maschen der Reusen entkommen können wurden nicht berücksichtigt).

Gewässer	Standort	FAH-Typ	Fangeinrichtung	Berücksichtigte Zählperiode	Fangtage	Anzahl Arten	Fische Total	Fische/Tag	Referenz
Aare (Hag-neckkanal)	Hagneck	Umgebungsgewässer	Zählbecken, flexible Stabkehle	03.03.17-02.03.18	365	27	44'499	122	(Breitenstein et al. 2019)
Aare	Winznau, Dotierkraftwerk	Raugerinne-Beckenpass	Zählbecken ohne Kehle	16.04.-02.08.2018 22.09.-14.10.2018	132	19	8'722	66	(Wilmsmeier et al. 2018)
Aare	Winznau, Dotierkraftwerk	Raugerinne-Beckenpass	Zählbecken, kombinierte Kehle	01.05.19-01.05.20	181	26	102'541	567	Vorliegende Arbeit
Aare	Schönenwerd, Dotierkraftwerk	Raugerinne-Beckenpass	Zählbecken ohne Kehle	16.04.-26.09.2018 05.10.-15.10.2018	175	19	11'607	66	(Wilmsmeier et al. 2018)
Aare	Rüchlig, Hauptkraftwerk	Vertikalschlitzpass	Zählbecken, starre gerade Stabkehle	10.01.17-31.12.17	349	23	16'990	49	(Breitenstein et al. in Bearb.)
Aare	Rüchlig, Dotierkraftwerk	Vertikalschlitzpass	Zählbecken, starre gerade Stabkehle	10.01.17-31.12.17	349	25	10'915	31	
Aare	KRA, Dotierkraftwerk	Vertikalschlitzpass	Zählbecken, starre gerade Stabkehle	10.01.17-31.12.17	349	24	23'393	67	
Rhein	Schaffhausen W	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17	362	6	11'203	31	(Guthruf & Dönni in Bearb.)
Rhein	Reckingen MH	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17	357	17	6'023	17	
Rhein	Reckingen W	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17	351	18	2'843	8	
Rhein	Albbruck-Dogern MH	Umgebungsgewässer	Zählbecken	01.04.16-31.03.17	365	22	2'163	5	
Rhein	Albbruck-Dogern W	Umgebungsgewässer	Zählbecken	01.04.16-31.03.17	355	24	2'559	5	
Rhein	Albbruck-Dogern W	Vertikalschlitzpass	Zählbecken	01.04.16-31.03.17	301	22	4'129	11	
Rhein	Laufenburg MH	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17	354	16	1'463	4	
Rhein	Laufenburg W	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17	346	15	1'770	5	
Rhein	Säckingen MH	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17		22	4'594	13	
Rhein	Ryburg-Schwörstadt MH	Vertikalschlitzpass, Umgebungsgewässer	Zählbecken	01.04.16-31.03.17		29	24'402	43	
Rhein	Rheinfelden W	Umgebungsgewässer	Zählbecken, starre gerade Stabkehle	01.04.16-31.03.17		35	44'648	71	
Rhein	Rheinfelden MH	Vertikalschlitzpass	Zählbecken ohne Kehle	01.04.16-31.03.17		25	3'310	8	
Rhein	Augst MH	Vertikalschlitzpass	Reuse	01.04.16-31.03.17		18	2'980	8	
Rhein	Wyhlen MH	Raugerinne-Beckenpass	Zählbecken ohne Kehle	01.04.16-31.03.17		21	5'337	11	
Rhein	Wyhlen W	Fischlift	Reuse	01.04.16-31.03.17		12	36	0	
Rhein	Birsfelden W	Beckenpass	Reuse	01.04.16-31.03.17		23	7'382	20	



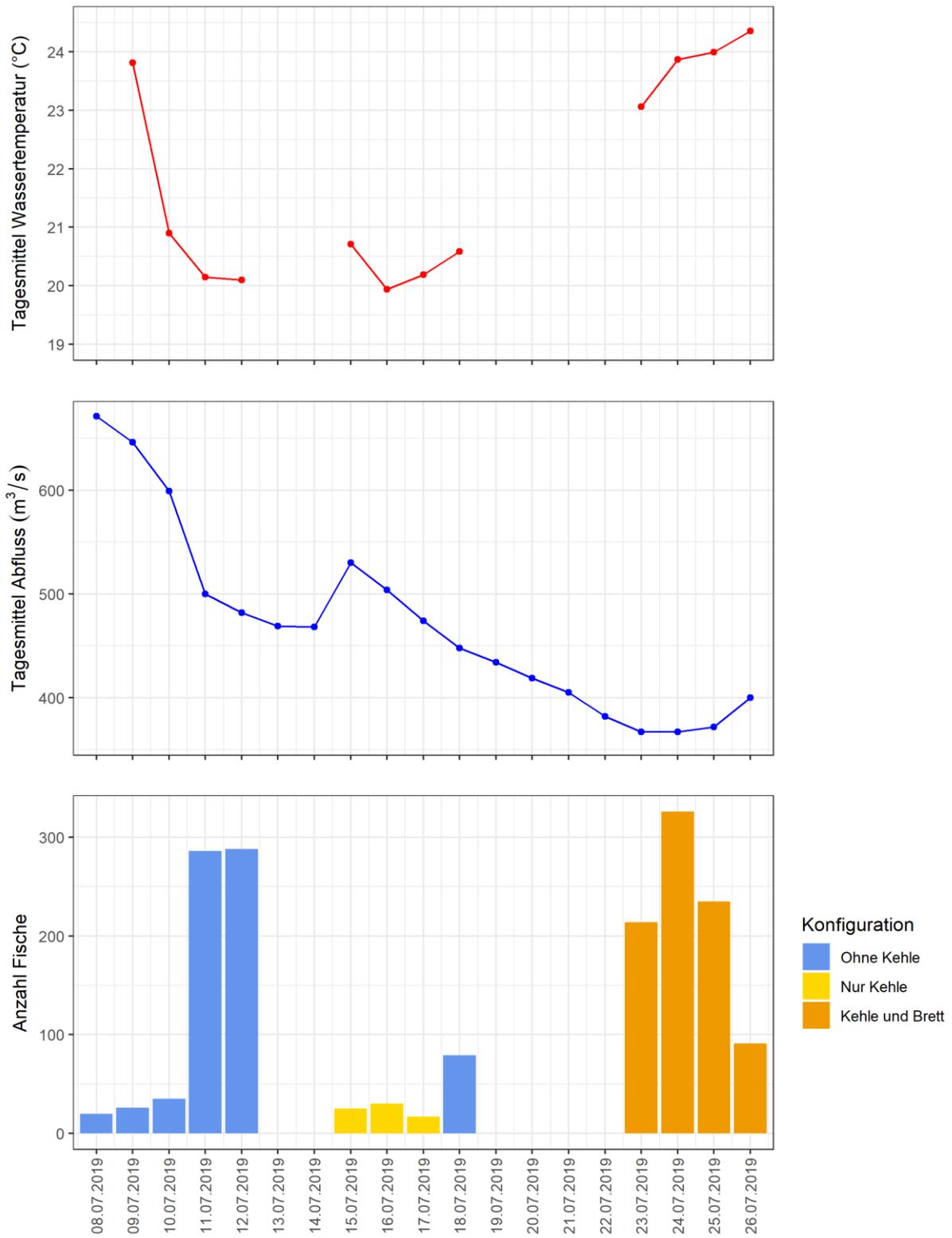


Abbildung 43: Wassertemperatur und Abfluss der Aare (Tagesmittel; Abfluss Aare: Station Brugg, BAFU) im Untersuchungszeitraum sowie tägliche Fangzahlen der Fischeaufstiegszählung am Wehr Beznau

