

EK Fischwanderhilfe (FWH) Kraftwerk Lochmühle am Rotbach (Huttwil)



August 2022

Auftraggeber: Energie Sumiswald AG

	Büro für Gewässerökologie und Wassertechnik
Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler Tel.: +41 31 781 49 40, Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach E-Mail: info@aquatica-gmbh.ch	

Impressum

Autor: Joachim Guthruf

Fachliche Begleitung: Christian Greber, fmb-ingenieure.ch GmbH
Adrian Schwarz, ASWA, Wyttenbach, 3457 Wasen

Auftraggeber: Energie Sumiswald AG

Zitiervorschlag: GUTHRUF (2022): EK Fischwanderhilfe Kraftwerk Lochmühle am Rotbach (Huttwil). - Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Energie AG Sumiswald: 31 S.

Titelbild: oben links: Vertikalschlitzpass (Foto J. Guthruf)
oben rechts: Restwasserstrecke dotiert mit 222 l/s (Foto: K. Guthruf)
zweitoberste rechts: Fischbestandeskontrolle vom 1.4.2019 (Foto: K. Guthruf)
drittoberste rechts: Groppe, *Cottus gobio* (Foto: J. Guthruf)
unten: Bachforelle, *Salmo trutta* (Foto: K. Guthruf)

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	2
2. Einleitung	3
2.1. Vorgeschichte	3
2.2. Fischwanderhilfe (FWH)	3
2.3. Der Rotbach.....	5
3. Methodik Erfolgskontrolle Fischwanderung.....	6
3.1. Quantifizierung des Fischbestandes.....	6
3.2. Erfassung von Fischansammlungen im Unterwasser	6
3.3. Zählung der aufsteigenden Fische.....	6
3.4. Zählung der absteigenden Fische	7
3.5. Durchführung der Aufstiegs- und Abstiegskontrollen.....	8
3.6. Auswertungen	8
3.6.1. Korrektur der Fangselektivität der Reuse	9
3.7. Produkt der Erfolgskontrolle	9
4. Resultate	11
4.1. Fischbestand im Unterwasser	11
4.2. Fischaufstieg.....	12
4.2.1. Artenselektion	12
4.2.2. Auf- und Abstiegsfrequenz der Bachforelle	12
4.2.3. Längenselektion gegen kleine Fische beim Fischaufstieg	13
4.2.4. Längenselektion gegen grosse Fische beim Fischaufstieg.....	13
4.2.5. Anteil des markierten Bachforellen-Bestandes, der aufsteigt	14
4.3. Fischabstieg	15
4.3.1. Längenselektion gegen kleine Fische	15
4.3.2. Längenselektion gegen grosse Fische	15
4.3.3. Abstieg markierter Bachforellen	15
5. Diskussion	19
5.1. Aufstiegsfrequenz.....	19
5.2. Artenselektion	20
5.2.1. Ist die Nagelfluh-Rampe unterhalb des Wehres für Groppen passierbar?	21
5.2.2. Sind die Schlitze des Vertikalschlitzpasses für Groppen passierbar?	22
5.3. Längenselektion.....	23
5.3.1. Gesamtbewertung des Aufstiegs nach Ebel (2006).....	24
5.3.2. Gesamtbewertung des Aufstiegs nach WOSCHITZ et al. (2003).....	25
5.4. Fazit	25
6. Literaturverzeichnis	27
7. Anhang	29

2. Einleitung

2.1. Vorgeschichte

Die Konzession des Kleinwasserkraftwerks Lochmühle bei Huttwil lief aus. Das Nutzungsrecht wurde durch die Firma Energie AG Sumiswald erworben. Die bestehende Anlage wurde erneuert. Die genutzte Höhendifferenz beträgt 6.0 m und die Nutzwassermenge 1'100 l/s.

Das Kraftwerk wird mit der bestehenden Kaplan-Turbine weiterhin betrieben, welche während der Bauphase revidiert wurde. Zudem erhielt das Kraftwerk eine neue Wehranlage.

2.2. Fischwanderhilfe (FWH)

Die frühere FWH in Form eines Beckenpasses wurde abgebrochen und durch einen mit 150 l/s dotierten Vertikalschlitzpass ersetzt (technische Kenndaten Tab. 1).

Tab. 1 Kenndaten der FWH beim Wehr des KWKW Lochmühle, Vertikalschlitzpass mit durchgehender Natursohle und Sohlenanschluss im Ober- und im Unterwasser. Grüne Zellen: Grenzwerte DWA (2014) werden erfüllt. Hellgrüne Zellen: Richtwerte anderer Arbeiten (LARINIER 1983, SCHWEVERS et al. 2005) werden erfüllt.

Messgrösse	Wert	Einheit
Höhendifferenz Wehr	2.90	m
Anzahl Becken	15.00	-
Dotierwassermenge FAH	150.00	l/s
Lockwasserzugabe FAH	72.00	l/s
min. Dotierung Restwasserstrecke	222.00	l/s
min. Beckenlänge	1.80	m
min. Beckenbreite	1.20	m
min. Beckentiefe	0.71	m
Schlitzbreite	0.15	m
Höhenunterschied Becken	0.18	m
Leistungsdichte	143.00	W/m ³
Fliessgeschwindigkeit Schlitz	1.41	m/s
min. Fliessgeschwindigkeit Strömungspfad	0.51	m/s
mittlere Fliessgeschwindigkeit Becken	0.15	m/s

Zusätzlich wird eine Lockwasserzugabe von 72 l/s über einen Schieber in das unterste Becken des Vertikalschlitzpasses dotiert; Das bedeutet, dass die gesamte Restwassermenge über die FWH (inkl. Lockwasserzugabe) abgegeben wird. Die 230 m lange Restwasserstrecke erhält folglich eine minimale Dotierwassermenge von 222 l/s. Der **Rechen (Stababstand 18 mm)** wurde nahe zum oberen Ende der FWH verlegt, so dass diese auch von absteigenden Fischen benutzt werden kann, ohne dass eine Sackgasse entsteht. Der Rechen befindet sich auf derselben Höhe, wie das oberste Becken der FWH, in welches im Rahmen der Erfolgskontrolle die Reuse eingesetzt wird. Die Kontrollreuse für Auf- und Abstiegssählungen ist mit je einem getrennten Abteil für aufsteigende und absteigende Fische ausgerüstet (Abb. 1). Untersuchungen am Kraftwerk Stropfel zeigten aber, dass Rechen nicht nur als mechanische Barriere, sondern auch als Verhaltensbarriere wirken (ZAUGG & MENDEZ 2018).

Mit der relativen Dicke $K_{dick} = 0.10$ (ADAM et al. 2014) kann die maximale Länge der Bachforellen berechnet werden, die den Rechen theoretisch durchschwimmen können: Diese liegt bei **18 cm**.

$$L_{Fisch} = \frac{D_{Fisch}}{K_{dick}}$$

$$L_{Fisch} = \text{Fischlänge [m] (Totallänge)}$$

D_{Fisch} = Fisch-Dicke [m] (Einsetzen der maximalen Dicke (0.018 m), die den Rechen passieren kann)

K_{dick} = relative Dicke [-]



Abb. 1 Einstieg in die Reuse für aufsteigende Fische (linkes Foto) und für absteigende Fische (rechtes Foto).
Fotos: J. Guthruf.

Die Firma fmb-ingenieure.ch GmbH erarbeitete die Projektunterlagen für die neue Nutzung einschliesslich Restwasserstudie und Konzept für die neue FWH. Diese wurden vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) und vom Fischereiinspektorat des Kantons Bern (FI) genehmigt. Die Konzessionserteilung ist gebunden an ein Konzept für die Erfolgskontrolle zur Fischwanderung. Dieses wurde durch die Firma Aquatica erstellt (GUTHRUF 2014). Die Erfolgskontrolle soll sowohl aufsteigende als auch absteigende Fische einbeziehen. Nach Anpassung in einzelnen Punkten an den seit 2014 gewachsenen Wissensstand (ZAUGG et al. 2016) wurde das Konzept durch FI und BAFU genehmigt.

Die technischen Parameter der FWH belegen, dass die Grenzwerte gemäss BAFU (DÖNNI et al. 2022), DWA (ADAM et al. 2014) sowie die Richtwerte aus weiteren Literatur-Quellen (LARINIER 1983, ADAM et al. 2005, SCHWEVERS et al. 2005, ADAM et al. 2014) eingehalten werden. Auch die Fliessgeschwindigkeit in den Becken im Bereich des Strömungspfades hält den DWA-Grenzwert von 0.20 m/s ein, wie Messungen vor Ort ergaben (Tab. 10). Die rheotaktische Geschwindigkeit ist gegeben, d. h. die Fische können sich bei der gesamten Passage der FWH an der Strömung orientieren.

Messungen in den Schlitzen ergaben, dass die Fliessgeschwindigkeit durch die Rauigkeit des Substrats 2 cm über der Sohle deutlich reduziert wird (vgl. Tab. 9 und Tab. 12). Während die maximale Fliessgeschwindigkeit in den Schlitzen 1.41 m/s (Einzelmessungen 1.27 – 1.83 m/s) betrug, war sie 2 cm über der Sohle stark auf durchschnittlich 0.87 m/s reduziert. Wegen der rauen Sohle variierten die Einzelmessungen am Grund der Schlitze sehr stark von 0.13 bis 1.71 m/s. Auch innerhalb eines Schlitzes (Messung links, Mitte und rechts) variierte die Fliessgeschwindigkeit. Schwimmt ein Fisch dicht über Grund und wählt bei jedem Schlitz den Weg mit der schwächsten Strömung, muss er eine **maximale Fliessgeschwindigkeit von 0.88 m/s** überwinden. Die Fliessgeschwindigkeit variiert nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich. Wählt ein aufsteigender Fisch nicht nur den Weg, sondern auch den Zeitpunkt mit der geringsten Strömung, muss er eine **maximale Fliessgeschwindigkeit von 0.66 m/s** überwinden. Details: s. Anhang.

2.3. Der Rotbach

Der Rotbach weist im Bereich des Kraftwerks ein Gefälle von 11.2‰ (Messungen aus Landeskarte 1:25'000) und eine mittlere Breite von 3.4 m auf (Daten Ökomorphologie des Kantons Bern). Entsprechend gehört das Gewässer der **unteren Forellenregion** an (Abb. 2).

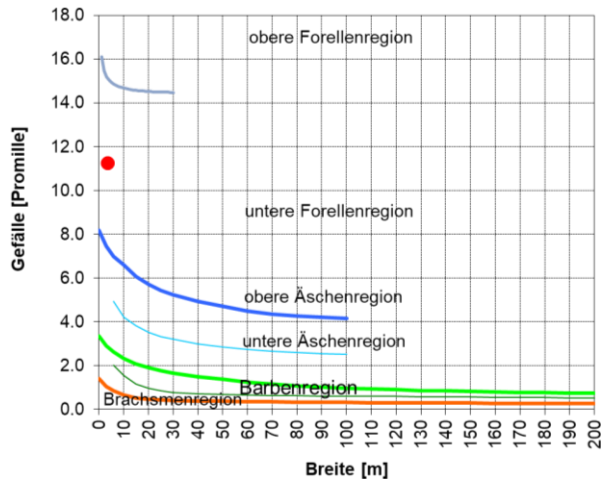


Abb. 2 Zuteilung des Rotbaches im Raum Huttwil zu einer biozönotischen Region nach (HUET 1949).

Im Rotbach kommt neben der Bachforelle die Groppe vor. Weitere Fischarten wurden bisher nicht nachgewiesen. Die Bachforellendichte ist mit 150 bis 250 Individuen pro 100 m relativ hoch, wie Bestandskontrollen ergaben (pers. Mitt. D. Bernet, Fischereinspektorat des Kantons Bern).

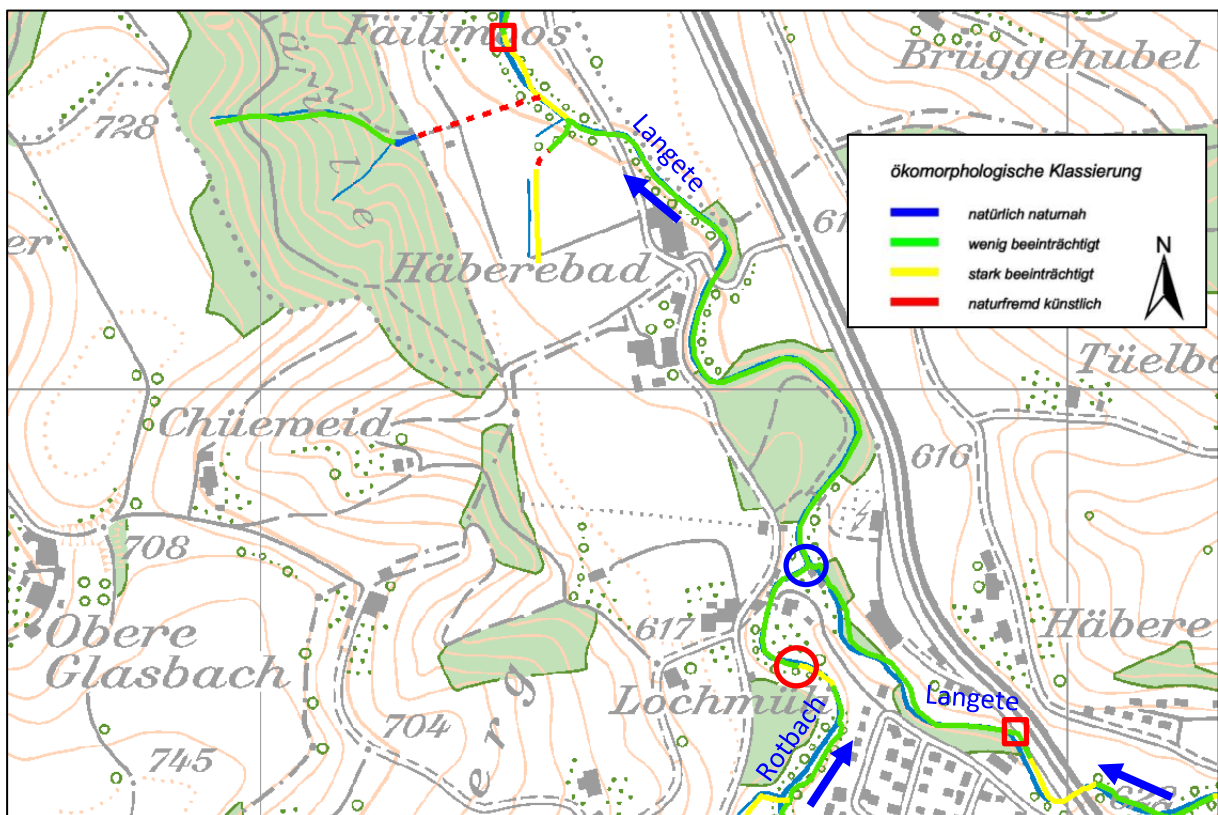


Abb. 3 Lageplan: Roter Kreis: Wehr, blauer Kreis Zentrale, Wasserrückgabe bei der Mündung in die Langete. Rote Quadrate: Für Fische unpassierbare Wanderhindernisse in der Langete. Blaue Pfeile: Fließrichtung. Farbgebung Gewässer: Ökomorphologie Stufe F 2009, Daten Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.

3. Methodik Erfolgskontrolle Fischwanderung

3.1. Quantifizierung des Fischbestandes

Eine wesentliche Grösse ist der Anteil der aufsteigenden Fische am Fischbestand im Unterwasser. Zu diesem Zweck wurde die gesamte Restwasserstrecke am 1. April 2019, d. h. zu Beginn des ersten Teils der Fischaufstiegs- und Fischabstiegszählung (Anfang April bis Ende Mai) quantitativ mit dem Elektrofanggerät befishet (2 Durchgänge). Die Erhebung erfolgte nach der «removal method» (DE LURY 1947), die Bestandesschätzung erfolgte gemäss (CARLE & STRUB 1978).

Alle Fische wurden anästhesiert, gemessen, gewogen, markiert (Bachforellen mit Fettflossenschnitt, Gropfen mit Farbmarken) und in der Fangstrecke wieder freigelassen.

Eine zweite Bestandeskontrolle im Unterwasser gemäss oben beschriebener Methodik erfolgte am 2. Oktober, d. h. zu Beginn des zweiten Teils der Fischaufstiegs- und Fischabstiegszählung (Anfang Oktober bis Ende November). Dabei wurden sämtliche Bachforellen mit Farbmarke und Fettflossenschnitt markiert (Abb. 4).



Abb. 4 Mit Fettflossenschnitt und Farbmarke beim Ansatz der Afterflosse markierte Bachforelle. Foto: K. Guthruf.

3.2. Erfassung von Fischansammlungen im Unterwasser

Ansammlungen von Fischen im Unterwasser von FWH können einen Hinweis darstellen, dass die FWH nicht auffindbar bzw. nicht passierbar. Deshalb wurde vor jeder Zählung der Wehrkolk vom Standort der FWH aus überblickt und auf Ansammlungen von Fischen kontrolliert. Beobachtete Fische wurden protokolliert.

3.3. Zählung der aufsteigenden Fische

Die aufsteigenden Fische wurden mit der im obersten Becken der FWH installierten **Kastenreuse** im **Kompartiment für Aufsteiger** gefangen. Das **Gitter** hatte einen **lichten Stababstand von 16.5 mm**, die Reuse wurde mit einem Hebekran gehoben (Abb. 1).

Die Dauer der Zählungen muss in Gewässern der Forellenregion die Phase der Laichwanderung der Bachforelle abdecken (WOSCHITZ et al. 2003). Gemäss Anforderungen des FI wurde von **Anfang Oktober bis Ende November** gezählt. Glücklicherweise kam es im November zu keinen Vereisungen, sodass die Zählungen nicht unterbrochen werden mussten. Da auch absteigende Fische erfasst werden, sollten auch Nahrungswanderungen und die Verteilung über die vorhandenen Habitate ("dispersal") in die Untersuchungen einbezogen werden. Aus diesem Grund verlangte das FI, eine zweite Zählperiode von

Anfang April bis Ende Mai¹. Um das Handling der Fische zu beschränken und die Tiere zu schonen, wurden die aufsteigenden Fische in 5 cm-Längenklassen eingeteilt und nicht einzeln gemessen. Während der genannten Perioden erfolgen die Zählungen **täglich**. Es wurde jeweils zur gleichen Tageszeit gezählt, dass die Dauer, während der die Fische aufstiegen, von Tag zu Tag nicht allzu sehr variierte. Während drei Wochen (2.11.2019 – 21.11.2019) führte starker Laubtrieb zum Verstopfen des Reusengitters. Dadurch verringerte sich der Abfluss in der FWH. An den genannten Tagen musste die Reuse deshalb zweimal täglich (jeweils morgens und abends) gereinigt und geleert werden. Nach der Datenerhebung wurden die aufsteigenden Fische im Oberwasser der FWH freigelassen.

3.4. Zählung der absteigenden Fische

Die absteigenden Fische wurden in derselben, im obersten Becken der FWH installierten Reuse, aber im **Kompartiment für Absteiger** gefangen (Abb. 1). Die Zählperiode und die Zählungsbedingungen entsprechen derjenigen für die aufsteigenden Fische (s. Kapitel 3.3). Die absteigenden Fische wurden nach der Datenerhebung im Unterwasser der FWH freigelassen.

Aufsteigende und absteigende in der Reuse gefangene Fische wurden getrennt in einen ausreichend grossen Kunststoffbehälter geschüttet. Alle Fische wurden in Längenklassen eingeteilt. Dies geschah getrennt nach Herkunft (Aufsteiger, Absteiger), nach Art (Bachforelle, Groppe) und nach Markierung (markiert, nicht markiert).

Wurden verletzte Fische gefangen, wurde dies fotografisch dokumentiert. Stammten die Verletzungen von der Reuse, wurde die Leitung der Wirkungskontrolle umgehend informiert. Glücklicherweise kam dies während der Zählung nur einmal vor (Abb. 5).



Abb. 5 Junge absteigende 11 cm lange Bachforelle, die im Reusengitter stecken geblieben war. Foto M. Käser.

¹ Anpassung an den aktuellen Wissensstand vom Dezember 2016 (ZAUGG et al. 2016).

3.5. Durchführung der Aufstiegs- und Abstiegskontrollen

Auf Wunsch des Kraftwerksbetreibers wurde nach Rücksprache mit dem zuständigen Fischereiaufseher ein halbes Jahr früher mit der Wirkungskontrolle begonnen als im Konzept geplant (GUTHRUF 2014).

Um Kosten zu sparen, erfolgten die Aufstiegs- und Abstiegskontrollen durch Anwohner. Aus Sicherheitsgründen zählten stets zwei Personen. Dies ist auch von Vorteil, wenn viele Fische aufsteigen (eine Person zählt und die andere protokolliert).

Zu Beginn der Zählungen wurden die Zählpersonen durch einen Fischökologen instruiert, damit die Zählmethodik korrekt angewendet wird. In einer gemeinsamen Zählung mit dem Fischökologen wurde das methodische Vorgehen überprüft. Dabei konnten die Zählpersonen Fragen stellen und auf methodische Schwierigkeiten bei der Zählung hinweisen.

Die Protokollblätter wurden durch die Zählpersonen digitalisiert und nach der ersten Woche dem Fischökologen geschickt. Die Übermittlung nach den ersten 7 Tagen ist wichtig, dass sich die Zählpersonen noch an die Ergebnisse erinnern und bei unvollständigen oder fehlerhaften Einträgen die korrekten Angaben rekonstruieren können. Anschliessend wurden die Daten jeweils per Monatsende übergeben.

Behälter, Kescher, Protokollblätter, Schaugläser zur Betrachtung der Fische und weitere Hilfsmittel für die Zählung wurden den Zählpersonen zur Verfügung gestellt.

3.6. Spezialuntersuchung Groppen-Wanderung und Microhoming (2021-2022)

3.6.1. Anpassung der Fangreuse

Die Einstiegskehle der Fangreuse wurde nach den neusten Erkenntnissen (WILMSMEIER et al. 2020) optimiert. Im Hinblick auf den Einstieg für Groppen wurde zudem darauf geachtet, dass der Einstieg in die Reuse ebenerdig gelegen war. Das Risiko, dass Fische die Reuse wieder verlassen, wurde klein gehalten, indem der Reusen-Boden tiefer gelegen war als die Sohle der FWH. Auf diese Weise mündete die Reusenkehle nicht Bodeneben, sondern 40 cm über dem Reusen-Boden. Verstecke am Reusen-Boden angebracht zum Schutz der Groppen vor Bachforellen.

3.6.2. Microhoming

Eine 230 m lange Strecke unterhalb und eine 200 m lange Strecke oberhalb des Wehres wurden in einem Durchgang befischt. Anschliessend wurden die mit 1-2 Phenoxy-Ethanol anästhesierten Fische markiert: Oberhalb des Wehres gefangene mit Farbmarke Höhe Afterflosse rechts, Unterhalb des Wehres gefangene Höhe Afterflosse links. Nach Erholung von der Anästhesie wurden die Fische versetzt (oberhalb des Wehres gefangene wurden unterhalb des Wehres freigelassen und umgekehrt. Dieses Prozedere wurde am **1. Oktober 2021** und am **7. April 2022 durchgeführt**.

Die wandernden Fische wurden im Rahmen der Auf- und Abstiegszählungen beim Wehr erfasst: **1. Oktober bis 30. November 2021, 1. April bis 31. Mai 2022**. Die auf- und absteigenden Bachforellen wurden in Längenklassen eingeteilt und auf Markierungen kontrolliert.

3.7. Auswertungen

Die Zahl der wandernden Fische wurde absolut ausgedrückt (Anzahl Aufsteigende und Absteigende) und relativ (Anzahl Auf- und Absteigende pro Tag). Weiter wurde beurteilt, welcher Prozentanteil der markierten Fische aus dem Unterwasser aufgestiegen ist.

Anhand der Längenklassen konnte beurteilt werden, ob eine Längenselektion vorliegt oder nicht. Diesbezüglich wurde die Zahl der aufsteigenden Fische, welche gegen Fließgeschwindigkeiten

anschwimmen mussten und absteigende Fische, die sich lediglich verdriften lassen konnten, untereinander verglichen.

Für die Beurteilung der FWH im Hinblick auf eine Artenselektion standen zwei Arten (Bachforelle, Groppe) zur Verfügung.

3.7.1. Korrektur der Fangselektivität der Reuse

Aufrecht schwimmende Fische

Die verwendete Kastenreuse (Abb. 1) ist bespannt mit einem Gitter, dessen lichter Stababstand horizontal und vertikal 16.5 mm beträgt. Bei der Annahme, dass Fische das Gitter immer nur in aufrechter Stellung, d. h. mit dem Rücken nach oben durchschwimmen, werden nur Fische gefangen deren Höhe 16.5 mm übersteigt. Die Länge der Fische, die mit der Reuse gerade noch erfasst werden, kann mit der relativen Höhe K_{hoch} ermittelt werden, die bei **Bachforellen 0.19** beträgt:

$$K_{hoch} = \frac{H_{Fisch}}{L_{Fisch}} \quad (1) \text{ Durch Umformen erhält man die Formel zur Berechnung der Grenzlänge:}$$

$$L_{Fisch} = \frac{H_{Fisch}}{K_{hoch}} \quad (2); \quad \text{Grenzlänge} = \frac{16.5 \text{ mm}}{0.19} = 87 \text{ mm}$$

L_{Fisch} = Länge des Fisches (Totallänge) [mm]

H_{Fisch} = Höhe des Fisches [mm]

K_{hoch} = relative Höhe [-]

Fische, die sich diagonal durch das Gitter zwängen

Erfahrungen an einem horizontalen Feinrechen zeigten, dass die hochrückigen Schneider (*Alburnoides bipunctatus*) nicht aufrecht mit dem Rücken nach oben den Rechen durchschwammen, sondern seitlich, mit den Flanken nach oben und unten, wie eine Flunder. Die Bachforelle, die im Gitter steckenblieb (Abb. 5), steckte diagonal in den Maschen der Reuse.

Die Grenzlänge wird deshalb durch Bildung der Diagonalen der Gittermaschen ermittelt:

$$\text{Diagonale} = \sqrt{(16.5^2 + 16.5^2)} = 23.3 \text{ mm}$$

$$\text{Länge}_{Fisch} \frac{23.3 \text{ mm}}{0.19} = 123 \text{ mm} \quad (2).$$

Durch Einsetzen der Diagonalen (23.3 mm) in Gleichung Nr. (2) erhält man die theoretische Grenzlänge eines «unendlich schmalen» Fisches 12.3 cm. Die effektive Grenzlänge eines Fisches mit normaler Korpulenz dürfte deshalb etwas geringer sein. Eine Grenzlänge von 110 mm wird der Korpulenz der Fische gerecht und stimmt mit dem Fisch überein, welcher in den Maschen hängenblieb. Im Folgenden wird deshalb eine **Grenzlänge von 110 mm** verwendet.

3.8. Produkt der Erfolgskontrolle

Die Resultate der Erfolgskontrolle decken folgende Aspekte ab:

- Fischbestand im Unterwasser, Arten, Dichte, Biomasse
- Anzahl aufsteigender Fische (N, N/Tag), %-Anteil des Fischbestandes im Unterwasser
- Längenselektion (Benachteiligung kleiner oder grosser Fische)
- Artenselektion

- Zeitliche Limitierung des Fischaufstiegs (z. B. Abhängigkeit vom Abfluss)
- Ansammlungen von Fischen im Unterwasser
- Technische Bewertung der FWH
- Bewertung der FWH anhand des Fischaufstiegs
- Fischabstieg über FWH
- Prozent der Rückwanderer (Microhoming-Versuch)
- Gesamtbeurteilung der FWH
- Optimierungsmöglichkeiten

4. Resultate

4.1. Fischbestand im Unterwasser

Bei der Bestandeskontrolle vom 1. April 2019 wurden insgesamt **139 Bachforellen** (123 im ersten und 16 im zweiten Durchgang) und **35 Groppen** (23 im ersten und 12 im zweiten Durchgang) gefangen. Daraus ergibt sich eine Schätzung des Bachforellen-Bestandes von 1'219 Ind/ha bzw. von 78.9 kg/ha. Der Groppenbestand ist bedeutend geringer mit 380 Ind/ha bzw. 4.0 kg/ha.

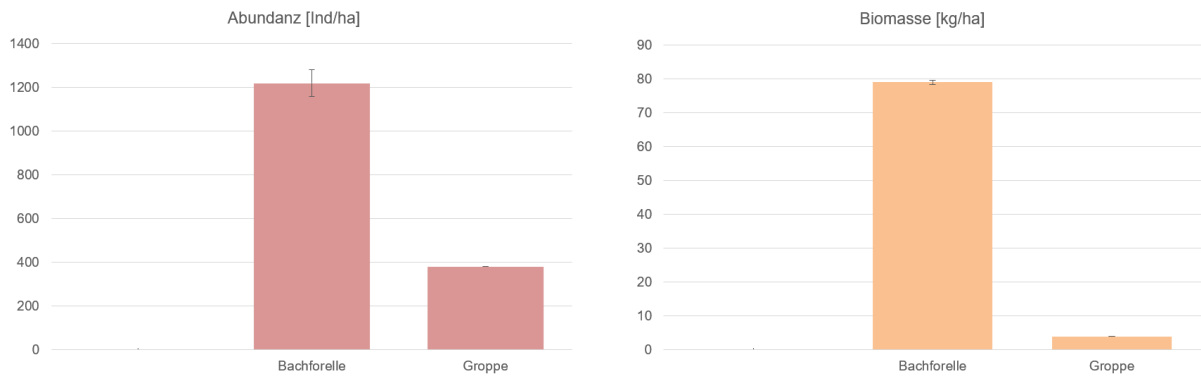


Abb. 6 Ergebnisse der Bestandesschätzung im Rotbach vom 1. April 2019 zwischen dem Wehr und der Mündung in die Langete betreffend Abundanz (links, Ind/ha) und Biomasse (rechts, kg/ha). Streckenlänge: 230 m, mittlere Breite: 5.03 m, befischte Wasserfläche: 0.12 ha.

Bei der Bestandeskontrolle vom 2. Oktober 2019 wurden insgesamt **412 Bachforellen** (297 im ersten und 115 im zweiten Durchgang) und **69 Groppen** (34 im ersten und 35 im zweiten Durchgang) gefangen. Daraus ergibt sich eine Schätzung des Bachforellen-Bestandes von 4'449 Ind/ha bzw. von 136.9 kg/ha (Abb. 7). Der erhebliche Bestandeszuwachs, insbesondere die Abundanz, ist primär auf die Rekrutierung des starken Jahrgangs 2019 zurückzuführen: Annähernd 3'000 Ind/ha massen bis 10 cm und gehörten somit mit Sicherheit dieser Altersklasse an.

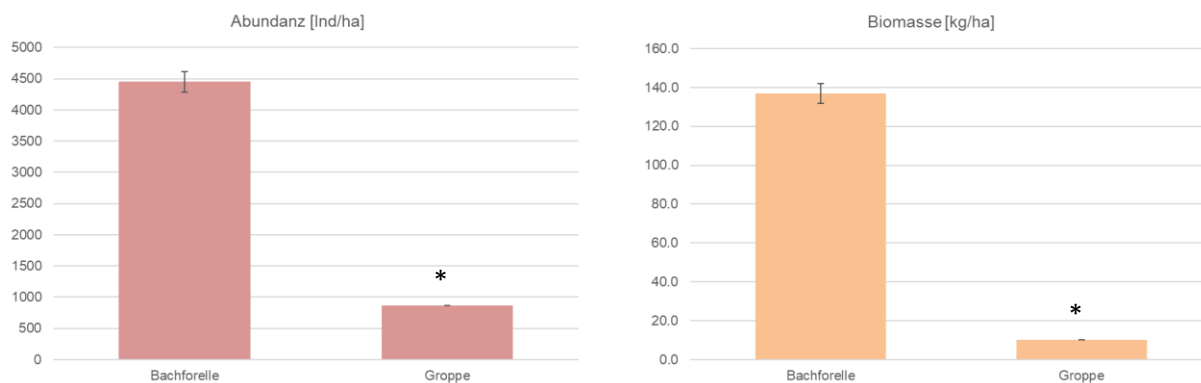


Abb. 7 Ergebnisse der Bestandesschätzung im Rotbach vom 2. Oktober 2019 zwischen dem Wehr und der Mündung in die Langete betreffend Abundanz (links, Ind/ha) und Biomasse (rechts, kg/ha). Streckenlänge: 230 m, mittlere Breite: 4.72 m, befischte Wasserfläche: 0.109 ha. * = minimale Bestandesgrösse (= Fangzahl), Bestandesschätzung nicht möglich.

Der Groppenbestand konnte im Oktober nicht geschätzt werden, da die Fangzahl vom ersten auf den zweiten Durchgang nicht abnahm. Es wird deshalb im Folgenden die Summe der Fänge beider Durchgänge verwendet. Wie bereits im Frühjahr ist die Zahl der gefangenen Groppen bedeutend geringer als diejenige der Bachforellen. Stärker als bei der Abundanz kommt dies bei der Biomasse zum Ausdruck, da die Groppe eine Kleinfischart ist, welche im Rotbach maximal Längen von 14 cm erreicht.

Der Fischbestand des Rotbaches wurde mit Hilfe der Methodik Fische Stufe F beurteilt. Die Artensammensetzung entsprach in beiden Bestandenserhebungen dem Fischbestand eines Gewässers der Forellenregion. Anhand der Daten vom 2. Oktober 2019 wurde die Strecke nach Stufe F als «sehr gut» bewertet.

Umgerechnet auf 100 m Bachstrecke lebten in der Rotbach zwischen 61 (April 2019) und 210 Bachforellen (Oktober 2019). Der Oktober-Wert liegt nahe bei der maximalen durch das Fischereinspektorat ermittelten Dichte (s. Kapitel 2.3), wodurch sich der Fischreichtum des Gewässers bestätigt.

4.2. Fischaufstieg

4.2.1. Artenselektion

Groppen wurden weder im Aufstieg noch im Abstieg registriert. Da Groppen sowohl im Aufstieg (Ankämpfen gegen Strömung) als auch im Abstieg (passives Verdriften) fehlen, liefert das Zählergebnis weder einen Beleg für noch gegen eine Artenselektion der FWH für aufsteigende Fische. Das Fehlen der Art in den Reusen der Fischaufstiegs- und Abstiegszählung kann auch daran liegen, dass Groppen den Einstieg in die Reuse meiden. Zudem handelt es sich bei der Groppe um eine Kleinfischart: Lediglich 37% der bei der Fischbestandeskontrolle mit dem Elektrofangerät erfassten Groppen kann mit der für die Auf- und Abstiegszählung verwendeten Reuse gefangen werden, 63% der Groppen können durch die Maschen der Reuse schlüpfen und entgehen somit der Zählung.

Angesichts des starken Rückgangs der Groppe (nur eine Groppe war mit der Reuse erfassbar) war der Nachweis der Art auch im Rahmen der Zählung 2021/2022 kaum möglich, trotz der Optimierung der Reusenkehle.

4.2.2. Aufstiegsfrequenz der Bachforelle

Die FWH wurde im Rahmen der Zählungen in den Monaten **April bis Mai** 2019 von **40 aufsteigenden** Bachforellen (0.66 Ind/Tag) benutzt. Vom **Oktober bis November** stiegen **126 Bachforellen** (2.07 Ind/Tag) auf.

Die Längenverteilung der auf- und **absteigenden** Bachforellen liefert einen deutlichen Hinweis auf die Art der Wanderungen: Die Absteiger im Mai setzten sich zu 86% aus weniger als 20 cm langen Fischen zusammen. Dies spricht für Nahrungswanderungen oder «dispersal», das heisst Wanderungen zur Verteilung des Bestandes auf die vorhandenen Habitate und Ressourcen.

Ganz anders war die Längenverteilung der aufsteigenden Bachforellen im Oktober und November: 79% im Oktober und 84% im November waren über 20 cm lang. Es dürfte sich vorwiegend um Laichtiere handeln, was angesichts der Jahreszeit – **Bachforellen** laichen von Ende Oktober bis Anfang Januar – logisch erscheint. Beim Aufstieg im Oktober bis November dürfte es sich folglich vorwiegend um Laichwanderungen handeln.

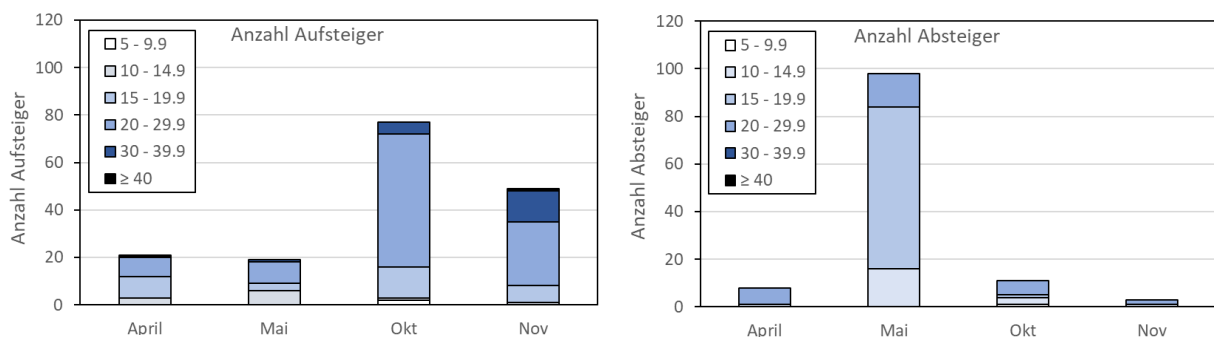


Abb. 8 Monatliche Aufstiegs- und Abstiegszahlen im Jahr 2019 nach Längensklassen und Monaten getrennt.

4.2.3. Längenselektion gegen kleine Fische beim Fischeaufstieg

April bis Mai: Die kleinsten Bachforellen, welche die Maschenweite des Reusengitters nicht durchschwimmen und deshalb bei der Zählung erfasst werden können, messen ca. 11 cm. Bachforellen der Längensklasse 11 bis 14.9 cm waren im April bis Mai durch neun aufsteigende Tiere repräsentiert, was **23%** aller **Aufsteiger** entspricht. Diese Längensklasse machte **37% des Bestandes im Unterwasser** (Bestandeskontrolle mit dem E-Fanggerät) aus (Tab. 2).

Oktober bis November: Bachforellen der Längensklasse 11 bis 14.9 cm waren im Oktober bis November durch zwei aufsteigende Tiere repräsentiert. Dazu kommt eine im Oktober markierte Bachforelle dieser Längensklasse, welche im Abstieg registriert wurde, bevor die ersten Aufsteiger registriert wurden. Diese Längensklasse, welche im Oktober **35% des Bestandes** (Bestandeskontrolle mit dem E-Fanggerät) ausmacht, war im **Aufstieg nur zu 2% vertreten** (Tab. 2).

Die Ergebnisse der Zählung belegen, dass die kleinsten mit der Zählreuse erfassbaren Bachforellen im Aufstieg vertreten sind, auch in der kalten Jahreszeit bei begrenzter Schwimmleistung: Zwei Bachforellen der Längensklasse von 11 – 15 cm stiegen im Oktober, eine im November auf. **Ein genereller Ausschluss kleiner Fische vom Aufstieg via FWH scheidet somit aus.**

Die leichte (April – Mai) bzw. starke (Oktober – November) Untervertretung der kleinen Fische im Aufstieg könnte einen Hinweis liefern auf eine Längenselektion, zumal der Anteil der Fische dieser Längensklasse am Gesamtaufstieg bei kaltem Wasser und damit verbundener reduzierter Schwimmleistung am geringsten ist. Die glatte Rampe unterhalb des Einstiegs in die FWA (Abb. 12) könnte dabei eine Rolle spielen.

Um eine Längenselektion gegen kleine Fische eingehender zu beurteilen, sind auch die Abstiegszahlen zu berücksichtigen (s. Kapitel 4.3). Im Gegensatz zu den Aufsteigern, welche hohe Fliessgeschwindigkeiten in den Schlitzen der FWH überwinden müssen, können sich die Absteiger passiv mit der Strömung verdriften lassen.

Tab. 2 Gegenüberstellung der aufsteigenden Fische und des Bestandes im Unterwasser des Wehrs Lochmühle.

Längensklassen [cm]	Fang Apr. 2019		Aufstieg Apr. - Mai 2019			
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	markiert	% der markierten
11 - 14.9	44	37	9	23	0	0
15 - 19.9	37	31	12	30	2	5
20 - 29.9	35	29	17	43	4	11
30 - 39.9	4	3	1	3	0	0
≥ 40	0	0	1	3	0	
Summe	120	100	40	100	6	5

Längensklassen [cm]	Fang Okt. 2019		Aufstieg Okt. - Nov. 2019			
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	markiert	% der markierten
11 - 14.9	41	35	3	2	1	2
15 - 19.9	25	22	20	16	1	4
20 - 29.9	46	40	83	66	1	2
30 - 39.9	4	3	18	14	0	0
≥ 40	0	0	1	1	0	
Summe	116	100	125	100	3	3

4.2.4. Längenselektion gegen grosse Fische beim Fischeaufstieg

April bis Mai: Die 20 bis 29 cm langen Bachforellen waren im Aufstieg deutlich stärker vertreten als im Bestand im Unterwasser. Die 30 bis 39 cm langen Tiere waren im Bestand und im Aufstieg gleich stark repräsentiert. Selbst über 40 cm lange Fische, welche bei der Bestandeskontrolle nicht erfasst wurden, waren im Aufstieg vertreten.

Oktober bis November: Die 20 bis 39 cm langen Bachforellen waren in den Herbstmonaten im Aufstieg deutlich stärker vertreten als im Bestand im Unterwasser. Selbst über 40 cm lange Fische, welche bei der Bestandeskontrolle nicht erfasst wurden, waren im Aufstieg vertreten.

Die vorliegenden Daten liefern keinen Hinweis auf eine Längenselektion gegen grosse Fische beim Aufstieg via FMH.

Tab. 3 Ergebnisse der Fischaufstiegs- (grüne Grundierung) und Fischabstiegszählung (orange Grundierung) in den Monaten April - Mai und Oktober - November 2019. Rechte Hälfte: Längenverteilung. Längensklassen in cm.

Aufstieg						Länge [cm]					
	April	Mai	Okt	Nov	Summe		April	Mai	Okt	Nov	Summe
Bachforelle unmarkiert	15	19	75	48	157	0 - 4.9	0	0	0	0	0
Bachforelle markiert	6	0	2	1	9	5 - 9.9	0	0	2	0	2
Groppe unmarkiert	0	0	0	0	0	10 - 14.9	3	6	1	1	11
Groppe markiert	0	0	0	0	0	15 - 19.9	9	3	13	7	32
Bachforelle	21	19	77	49	166	20 - 29.9	8	9	56	27	100
Groppe	0	0	0	0	0	30 - 39.9	0	1	5	13	19
Total Fische	21	19	77	49	166	≥ 40	1	0	0	1	2
Abstieg											
	April	Mai	Okt	Nov	Summe		April	Mai	Okt	Nov	Summe
Bachforelle unmarkiert	7	97	10	3	117	0 - 4.9	0	0	0	0	0
Bachforelle markiert	1	1	1	0	3	5 - 9.9	0	0	1	0	1
Groppe unmarkiert	0	0	0	0	0	10 - 14.9	1	16	3	1	21
Groppe markiert	0	0	0	0	0	15 - 19.9	0	68	1	0	69
Bachforelle	8	98	11	3	120	20 - 29.9	7	14	6	2	29
Groppe	0	0	0	0	0	30 - 39.9	0	0	0	0	0
Total Fische	8	98	11	3	120	≥ 40	0	0	0	0	0

4.2.5. Anteil des markierten Bachforellen-Bestandes, der aufsteigt

April bis Mai: Anlässlich der Fischbestandeskontrolle vom 1. April 2019 wurden sämtliche zwischen dem Wehr und der Mündung des Rotbaches in die Langete gefangenen Fische markiert. Von der Längensklasse 11 bis 14.9 cm wurde keine einzige markierte Bachforelle unter den Aufsteigern erfasst. Von der Längensklasse 15 bis 19.9 cm waren **5%** der markierten Bachforellen aufgestiegen, von der Längensklasse 20 bis 29.9 cm waren **11%** des markierten Bachforellen-Bestandes im Aufstieg vertreten. Im Durchschnitt über alle Längensklassen stiegen **5%** der markierten Bachforellen auf (Tab. 2).

Oktober bis November: Von der Längensklasse 10 bis 14.9 cm wurde eine markierte Bachforelle unter den Aufsteigern erfasst. Dazu kommt eine 10 bis 15 cm lange, am 2. Oktober markierte Bachforelle, welche am 3. Oktober abstieg. Somit waren **5%** der markierten Bachforellen zwischen 11 und 15 cm aufgestiegen. Von der Längensklasse 15 bis 19.9 cm waren **4%** und von der Längensklasse 20 bis 29.9 cm **2%** des markierten Bachforellen-Bestandes im Aufstieg vertreten.

Im Gegensatz zum Frühjahr nahm der Anteil der Aufsteiger am markierten Bestand mit zunehmender Grösse der Fische ab. Im Durchschnitt waren **3%** des markierten Bestandes im Unterwasser im Aufstieg vertreten (Tab. 2).

4.3. Fischabstieg

4.3.1. Abstiegsfrequenz der Bachforelle

Die FWH wurde im Rahmen der Zählungen in den Monaten **April bis Mai** 2019 von **106 absteigenden** Bachforellen (1.74 Ind/Tag) benutzt. Vom **Oktober bis November** stiegen nur **14 Bachforellen** (0.23 Ind/Tag) ab. Angesichts der Lage der FWH (unmittelbare Nähe der FWH zum Rechen, 68% der Restwassermenge wird durch FWH dotiert) ist die Abstiegszahl via FWH bedeutend höher als gemäss Literaturangaben (JUNGWIRTH & PARASIEWICZ 1994).

4.3.2. Längenselektion gegen kleine Fische

April bis Mai: Aus der Längenverteilung der Bachforellen (0) ist ersichtlich, dass auch im Abstieg, bei welchem die Fische nicht gegen hohe Fliessgeschwindigkeiten ankämpfen müssen, kleine Tiere weniger stark vertreten sind als im Unterwasser: Die Längensklasse 10 bis 14.9 cm erreicht im Bestand einen Anteil von 37%, im Abstieg aber nur einen Anteil von 16%.

Oktober bis November: In den Herbstmonaten stiegen lediglich 14 Bachforellen ab, fünf davon gehörten der kleinsten Längensklasse an (0), was einem Anteil von 36% entspricht, der vergleichbar mit dem Anteil dieser Längensklasse am Bestand im Unterwasser ist.

4.3.3. Längenselektion gegen grosse Fische

Bei den 20 bis 29 cm langen Bachforellen liegen die Prozentanteile im Unterwasserbestand und im Abstieg in einem ähnlichen Rahmen, sowohl was die Abstiegszahlen im April bis Mai wie auch diejenigen im Oktober bis November betrifft. Dieser Befund spricht gegen die Selektion dieser Längensklasse. Dass über 30 cm lange Bachforellen weder im April bis Mai noch im Oktober bis November abstiegen, kann nicht als Längenselektion interpretiert werden, da der Abstieg dieser Längensklassen, d. h. von Laichtieren eher nach der Laichzeit, d. h. Januar bis März zu erwarten ist. Zudem ist diese Längensklasse auch im Unterwasserbestand nur sehr schwach vertreten, weshalb die Aussagekraft nur beschränkt ist.

Die Unterschiede betreffend Jahreszeit und Längenverteilung der auf- und absteigenden Fische machen deutlich, dass Laichwanderungen im Oktober und November eine entscheidende Rolle spielen und durch aufsteigende Tiere repräsentiert sind, während im Frühjahr eher Nahrungswanderungen und «dispersal» von Bedeutung sind und sich vorwiegend durch absteigende Fische manifestieren (Abb. 8). Diese interessanten Erkenntnisse basieren auf den Zählergebnissen während vier Monaten während die Wanderungen über die restlichen 2/3 des Jahres im Dunkeln bleiben.

Die Ergebnisse liefern Hinweise auf eine Artenselektion (Gropfen). Da die Art auch im Aufstieg fehlt, kann auch die Fängigkeit der Reuse als Ursache infrage kommen. Eine Längenselektion für grosse Bachforellen ist sehr unwahrscheinlich. Auch eine Längenselektion der FWH gegen kleine, 11 – 15 cm lange Bachforellen ist in der warmen Jahreszeit unwahrscheinlich. Der geringe Anteil kleiner Aufsteiger im Oktober/November kann durch Längenselektion, aber auch durch längenspezifische Wanderungen (Laichwanderungen) bedingt sein.

4.3.4. Abstieg markierter Bachforellen

Zwei Bachforellen, welche anlässlich der Bestandeskontrolle vom 1. April 2019 zwischen dem Wehr und der Mündung in die Langete markiert worden waren, stiegen nach erfolgtem Aufstieg erneut ab, eine im April und eine im Mai. Dies zeigt, dass bachaufwärts- und bachabwärts gerichtete Wanderungen oft sehr kurz nacheinander stattfinden können.

Tab. 4 Gegenüberstellung des Bestandes im Unterwasser des Wehrs Lochmühle und der absteigenden Fische

Längenklassen [cm]	Fang Apr. 2019		Abstieg Apr. - Mai 2019	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
11 - 14.9	44	37	17	16
15 - 19.9	37	31	68	64
20 - 29.9	35	29	21	20
30 - 39.9	4	3	0	0
≥ 40	0	0	0	0

Längenklassen [cm]	Fang Okt. 2019		Abstieg Okt. - Nov. 2019	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
11 - 14.9	41	35	5	36
15 - 19.9	25	22	1	7
20 - 29.9	46	40	8	57
30 - 39.9	4	3	0	0
≥ 40	0	0	0	0

4.4. Detaillierte Untersuchung der Groppen-Wanderung via FWH (2021/22)

4.4.1. Zeitliche Entwicklung der Fangzahlen (1. Durchgang)

Die Zahl, der im Rotbach gefangenen Groppen schwankte zwischen 23 und 34 Stück und war damit generell gering (Abb. 9).

Im Oktober 2021 wurden im Unterwasser des Wehres 29 und im April 2022 wurde lediglich eine Groppe gefangen.

Im Oberwasser des Wehres war die Zahl der Groppen geringer: Im Oktober 2021 wurden dort insgesamt drei, im April 2022 eine Groppe gefangen. Von diesen vier Groppen war nur ein im Oktober 2021 erfasstes Exemplar ausreichend gross, um mit der Fangreuse (Maschenweite 16.5 mm) erfasst zu werden. Die restlichen drei Groppen waren klein genug, um durch das Gitter zu schlüpfen.

Deshalb sind die Voraussetzungen für den Nachweis aufsteigender (und absteigender) Groppen äusserst schlecht. Auf Grund dieser Voraussetzungen ist die Beurteilung einer Artenselektion gegen Groppen kaum möglich. Die Ergebnisse bestätigen diese Beurteilung: Während der Aufstiegszählung im Oktober bis November 2021 und im April bis Mai 2022 konnte keine einzige Groppe mit der Reuse erfasst werden.

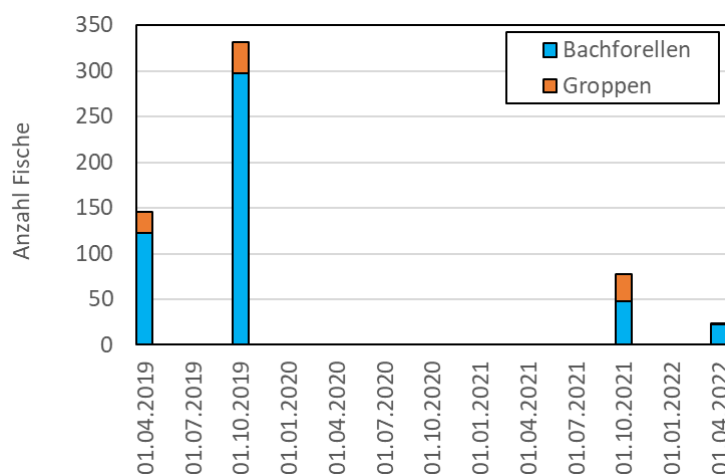


Abb. 9 Fangzahlen beim 1. Durchgang [Stück pro Hektare] vom Wehr bis zur Mündung des Rotbaches in die Langete nach Groppen und Bachforellen getrennt.

4.5. Microhoming-Versuch (Versetzung der Fische)

4.5.1. Aufsteigende Fische

Sowohl im Herbst 2021 als auch im Frühjahr 2022 war der überwiegende Anteil der flussabwärts des Wehres translozierten Bachforellen wieder an den ursprünglichen Standort oberhalb des Wehres aufgestiegen; im Oktober bis November 2021 waren es 51% und im April bis Mai 2022 sogar 65% der markierten Bachforellen (Tab. 5). Der überwiegende Anteil der aufsteigenden Fische war markiert und stammte somit aus dem befischten Abschnitt oberhalb des Wehres (Tab. 5).

Tab. 5 Gegenüberstellung der Zahl der im Oberwasser des Wehres Lochmühle gefangenen und in dessen Unterwasser freigelassenen markierten Bachforellen mit der Zahl aufsteigender Bachforellen.

Längenklassen [cm]	markiert Okt. 2021	Aufstieg total Okt. - Nov. 2021	Aufstieg Markierte Okt. - Nov. 2021	
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Prozent
11 - 14.9	4	0	0	0.0%
15 - 19.9	24	7	5	20.8%
20 - 29.9	28	30	18	64.3%
30 - 39.9	12	15	11	91.7%
≥ 40	1	3	1	100.0%

Längenklassen [cm]	markiert Apr. 2022	Aufstieg total Apr. - Mai 2022	Aufstieg Markierte Apr. - Mai 2022	
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Prozent
11 - 14.9	1	1	0	0.0%
15 - 19.9	4	5	2	50.0%
20 - 29.9	22	16	12	54.5%
30 - 39.9	9	10	9	100.0%
≥ 40	4	5	3	75.0%

Das Fehlen der kleinsten Längenklasse (11 – 14.9 cm) im Fischaufstieg zeichnete sich bereits in der schwachen Vertretung bei der Befischung (1 bzw. 4 Exemplare) ab. Alle übrigen Längenklassen waren im Aufstieg vertreten. Sowohl im April - Mai als auch besonders im Oktober - November stiegen über 20 cm lange Bachforellen häufiger auf als solche unter 20 cm (Tab. 5). Dies kann als Hinweis auf eine Benachteiligung der schwimmschwächeren kleinen Klassen gedeutet werden. Viel wahrscheinlicher für die stärkere Vertretung der grossen Fische im Aufstieg ist allerdings die Laichwanderung. Der ausgeprägte Gradient im Oktober – November 2019 und 2021 ist ein deutlicher Hinweis (vgl. Kapitel 4.3.2). Die zeitliche Auflösung zeigt, dass die Bachforellen kurze Zeit nach der Versetzung das Wehr via FWH überwandern: Im Oktober – November 2021 hatten 66%, aller Aufsteiger bzw. 33% aller markierten Bachforellen bereits nach 7 Tagen das Wehr via FWH überwunden (Abb. 10). Im April – Mai 2022 waren bereits nach 4 Tagen 88% aller Aufsteiger bzw. 58% aller markierten Bachforellen aufgestiegen (Abb. 11). Die Rückwanderungen erfolgten somit nach kurzer Zeit. Lange Verzögerungen sind folglich sehr unwahrscheinlich. Die Wanderungen fanden oft zeitgleich mit Zunahmen der Wassertemperatur und des Abflusses statt (Abb. 10, Abb. 11).

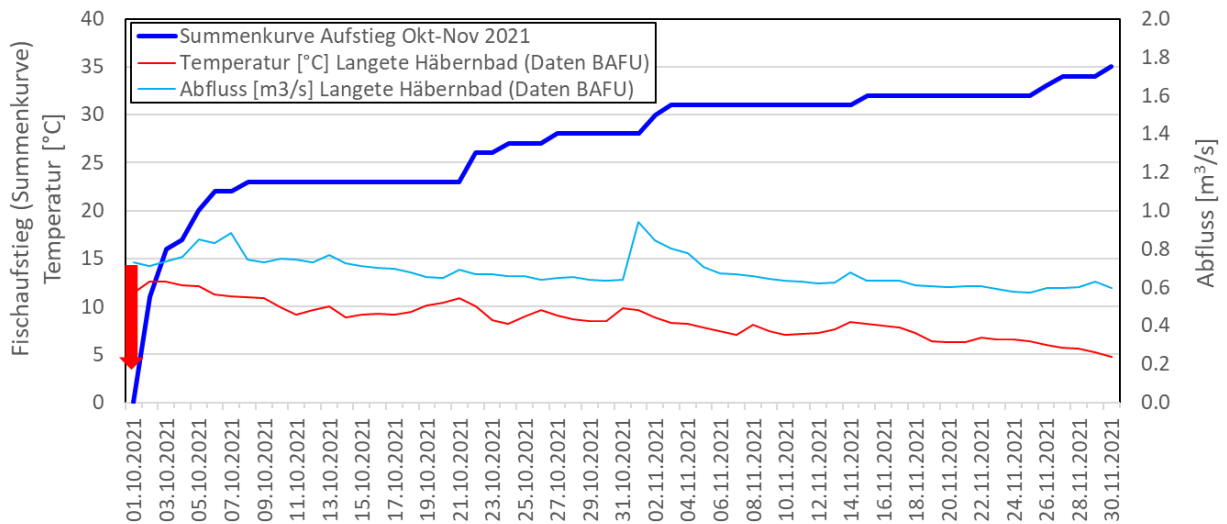


Abb. 10 Summenkurve der im Oktober und November 2021 aufsteigenden markierten Bachforellen. Fangort: oberhalb des Wehres Lochmühle, Freilassung: Unterhalb des Wehres. Temperatur und Abfluss: Tagesmittel Langete (Daten BAFU). Roter Pfeil: Datum des Fangs, der Markierung und Freilassung.

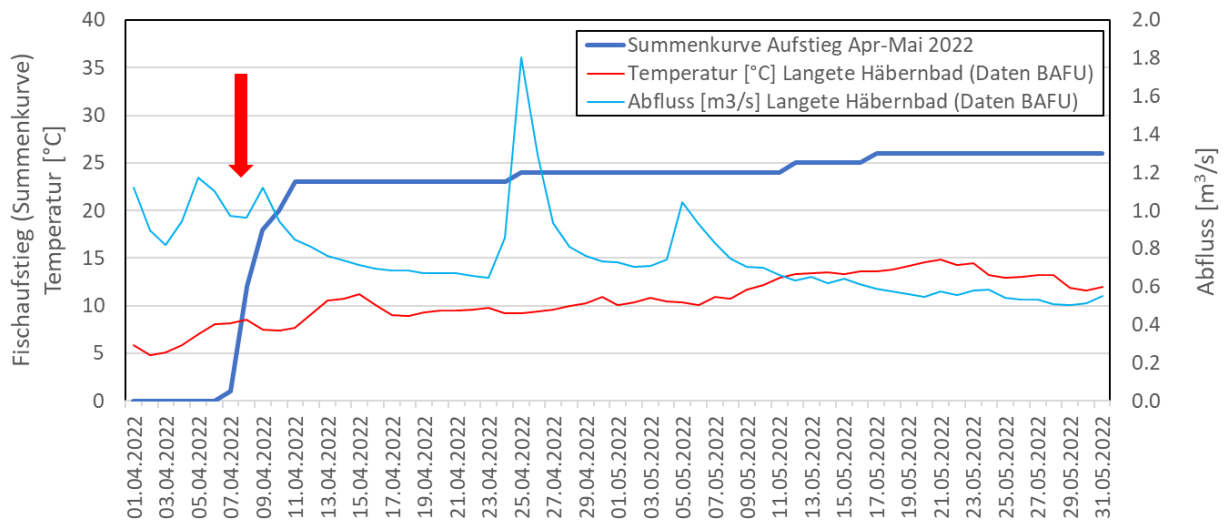


Abb. 11 Summenkurve der im April und Mai 2022 aufsteigenden markierten Bachforellen. Fangort: oberhalb des Wehres Lochmühle, Freilassung: Unterhalb des Wehres. Temperatur und Abfluss: Tagesmittel Langete (Daten BAFU). Roter Pfeil: Datum des Fangs, der Markierung und Freilassung.

4.5.2. Absteigende Fische

Die Zahl der absteigenden Bachforellen war weitaus geringer als die der Aufsteiger: Lediglich 5% (Okt. – Nov. 2021) bzw. 13% (Apr. - Mai 2022) der markierten Bachforellen wurden in der Abstiegsreise wiedergefangen. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass den Absteigern abgesehen von der FWH zwei weitere Korridore zur Verfügung standen:

- die Wehrklappe war geöffnet, wenn der Abfluss des Rotbaches 1.322 m³/s überstieg. Die Klappe wurde zudem periodisch kurzzeitig geöffnet, um Schwemmgut, das sich im Stauraum angesammelt hatte, flussabwärts des Wehres zu befördern.
- Fische können zudem via Lockwasserzugabe absteigen.

Tab. 6 Gegenüberstellung der Zahl der im Unterwasser des Wehrs Lochmühle gefangenen und im Oberwasser des Wehres freigelassenen markierten Bachforellen und der Zahl absteigenden Bachforellen.

Längenklassen [cm]	markiert	Abstieg total Okt. - Nov. 2021	Abstieg Markierte Okt. - Nov. 2021	
	Anzahl		Anzahl	Prozent
11 - 14.9	2	0	0	0.0%
15 - 19.9	23	1	1	4.3%
20 - 29.9	16	4	1	6.3%
30 - 39.9	2	3	0	0.0%
≥ 40	0	1	0	

Längenklassen [cm]	markiert	Abstieg total Apr. - Mai 2022	Abstieg Markierte Apr. - Mai 2022	
	Anzahl		Anzahl	Prozent
11 - 14.9	4	3	0	0.0%
15 - 19.9	7	24	0	0.0%
20 - 29.9	8	31	2	25.0%
30 - 39.9	4	3	1	25.0%
≥ 40	0	1	0	

Während im Oktober bis November 2021 generell nur vereinzelte Bachforellen abstiegen, markierte wie unmarkierte, war die Zahl der Absteiger im April – Mai 2022 hoch: Insgesamt konnten 62 via FWH absteigende Bachforellen gezählt werden. Der sehr geringe Anteil markierter Tiere von 5% weist darauf hin, dass sich die Absteiger aus einem weitaus grösseren Bachabschnitt rekrutieren als aus der 200 m langen oberen Befischungstrecke.

5. Diskussion

5.1. Auf- und Abstiegsfrequenz

Während den vier Zählmonaten stiegen im Jahr 2019 insgesamt 166 über 11 cm lange Bachforellen auf, was bei einer Zähldauer von 122 Tagen **1.4 Ind/Tag** ergibt. Im Jahr 2021/22 war die Aufstiegszahl mit 92 Tieren bzw. **0.8 Ind/Tag** geringer. Diese Werte sind vergleichbar mit dem Fischlift beim Ausgleichsbecken Führen am Gadmerwasser, wo je nach Jahr und Zählperiode 0.8, 1.3 und 3.2 Bachforellen pro Tag aufstiegen (MEYER et al. 2016; MEYER et al. 2017). An der Birs bei Court im Berner Jura stiegen im Laufe eines Jahres 359 mit PIT-Tags markierte Bachforellen bzw. **1.0 Ind/Tag** auf (PLOMB et al. 2020). Wie gross dabei die Zahl unmarkierter aufsteigender Fische war, ist nicht bekannt.

Im Abstieg wurden insgesamt 120 über 11 cm lange Bachforellen registriert, was **1.0 Ind/Tag** entspricht. Im Jahr 2021/22 stiegen 71 Bachforellen bzw. 0.6 Ind/Tag ab. Im Gegensatz zum Fischaufstieg ist über den Fischabstieg nur sehr wenig bekannt, insbesondere in Gewässern der Forellenregion, so dass kaum Vergleichszahlen vorliegen.

Der normierte Aufstieg N (EBEL et al. 2006) ist eine Grösse, mit der Aufstiegsfrequenzen verschiedener FWH miteinander verglichen werden können.

$$N = \frac{n}{d \cdot MQ}$$

n = Anzahl aufgestiegene Fische

d = Anzahl Zähltag

MQ = Mittelwasserabfluss am Bezugspegel

Der Fischaufstieg im Rotbach erreicht einen Wert von 2.2, der knapp unter einer Bewertung als «gut» liegt. Als Bezugsabfluss wurde der halbe mittlere jährliche Abfluss bei der Messstelle Häbernbach verwendet. Untersuchungen mit PIT-Tags am Hochrhein zeigten, dass mit Reusen nur 15% (Säckingen) bis 29% (Augst) der effektiv wandernden Fische erfasst werden, da ein Teil der Fische die Reuse wieder via Reusenkehle verlässt oder überhaupt nicht hineinschwimmt (PETER et al. 2016, SCHWEVERS & ADAM 2019). Deshalb ist anzunehmen, dass die Zählergebnisse die effektiven Auf- und Abstiegszahlen eher unterschätzen. Dazu kommen die nicht erfassten kleinen Bachforellen (und ev. Gropen), welche das Gitter der Reuse durchschwimmen können und auf- oder abstiegen, ohne gezählt zu werden. Berücksichtigt man, dass Reusen die Aufstiegsfrequenz aus genannten Gründen unterschätzen, ist davon auszugehen, dass die FWH auf Grund der effektiven Aufstiegsfrequenz (inkl. Umkehrer und Fische, die das Gitter durchschwimmen können) als «gut» bewertet wird.

Akkumulationen von Fischen im Oberwasser oder im Unterwasser waren an keinem der Zähltag feststellbar. Im Kolk unterhalb des Wehres waren bei jeder Zählung bei klarem Wasser 3 - 4 adulte Bachforellen zu beobachten, welche sich immer an denselben Standorten aufhielten. Im Oberwasser waren keine Bachforellen zu beobachten.

5.2. Anteil des markierten Bachforellen-Bestandes, der aufsteigt

5.2.1. Prozentsatz des Bestandes im Unterwasser, der den Aufstieg schafft

3% (April bis Mai) bzw. 5% (Oktober bis November) des Bestandes im Unterwasser stieg auf. Diese Zahlen erscheinen auf den ersten Blick niedrig, zumal am Hochrhein je nach FWH 3 bis 27% der markierten Fische den Aufstieg schafften (SCHWEVERS & ADAM 2019). Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass am Rhein ausschliesslich in FWH aufsteigende Fische markiert wurden, welche flussabwärts der FWH freigelassen wurden. Es handelte sich dabei folglich ausschliesslich um wanderwillige Tiere, welche zudem den Einstieg zur FWH bereits einmal gefunden hatten. Von Schwarzmundgrundeln z. B. welche in den Stauhaltungen des Hochrheins mit Reusen gefangen wurden, stieg keine einzige auf.

Bei der FWH Lochmühle hingegen wurde der gesamte Bestand unterhalb der FWH markiert. Zudem wurde nur während $\frac{1}{3}$ eines Jahres gezählt; insbesondere im Sommer und frühen Herbst, wenn bekanntlich viele Fische aufsteigen, wurde nicht gezählt. Zusätzlich spielt das Habitat-Angebot im Gewässer eine entscheidende Rolle: Der befischte unterste Abschnitt des Rotbaches verfügt über ein grosses Angebot an Laich-, Juvenil- und Adulthabitaten sowie an Unterständen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass der Anteil an mobilen Tieren geringer ist als in kanalisierten und morphologisch degradierten Strecken, wo die verschiedenen Habitate oft weit auseinanderliegen.

Angesichts dieser Voraussetzungen sind die Anteile der aufsteigenden Bachforellen von 3 – 5% am Bestand als «normal» zu bezeichnen. Hinweise auf Wander-Defizite lassen sich daraus nicht ableiten.

5.2.2. Versetzungs-Versuch (Microhoming)

Durch das Versetzen der oberhalb des Wehres lebenden Fische unterhalb des Wehres kann Microhoming ausgelöst werden, das heisst dass die Fische an ihren ursprünglichen Standort zurückkehren wollen (SCHLÄPPI 2011). Dieser Versuch zeigte, dass der Anteil der via FWH aufsteigenden markierten Fische nach der Versetzung unterhalb des Wehres massiv höher war als bei der Freilassung in der Fangstrecke: im Oktober bis November 2021 waren **51%** und im April bis Mai 2022 sogar **65%** der markierten Bachforellen aufgestiegen (Tab. 5). Diese Anteile sind beachtlich und vergleichbar mit einer Studie an der Birs im Berner Jura (PLOMB et al. 2020)

5.3. Artenselektion

Im Unterwasser der FWH konnten zwei Arten nachgewiesen werden, die Bachforelle und die Groppe. Beide Arten sind typisch für ein Gewässer der unteren Forellenregion. Während die Bachforelle in allen

untersuchten Monaten aufstieg, fehlte die Groppe vollständig. Dies spricht für eine Artenselektion gegen Gropfen. Allerdings kann das Fehlen der Art sowohl im Aufstieg wie auch im Abstieg (bei dem keine hohen Fließgeschwindigkeiten zu überwinden sind) auch auf die schlechte Fängigkeit der Reuse für Gropfen zurückzuführen sein: Die stark sohlegebundene Art findet möglicherweise den hoch gelegenen Einstieg in die Reuse nicht. Ein auf der Höhe des Substrats gelegener Einstieg hingegen ist nicht geeignet, da Fische die Reuse auf diese Weise generell wieder verlassen, wie eine Studie an der Aare zeigte (WILMSMEIER et al. 2018). Zudem ist die Groppe als Kleinfischart mit der Reuse nur schlecht erfassbar, da 63% des Bestandes das Gitter der Reuse durchschwimmen können, ohne erfasst zu werden.



Abb. 12 Nagelfluh-Rampe flussabwärts des Wehres, Blickrichtung flussaufwärts. Im Hintergrund: Einstieg in die FWH (roter Pfeil).

Die Ergebnisse der Reusenzählungen im Jahr 2019 liefern einen Hinweis, aber keinen Beleg für eine Artenselektion gegen Gropfen. Durch Messung der Fließgeschwindigkeit und Absturzhöhe wird im Folgenden geprüft, ob Gropfen die Schlüsselstellen mit Sprintgeschwindigkeit überwinden können.

Im Jahr 2021-22 wurde erneut geprüft, ob Gropfen aufsteigen. Die Bestandessituation der Groppe hat sich insofern weiter verschlechtert, indem bei zwei Befischungen insgesamt eine Groppe gefangen wurde, die das Gitter nicht durchschwimmen konnte. Angesichts dieser Ausgangslage war zu erwarten, dass trotz der Verbesserung der Reusenkehle (Kapitel 3.6.1) und Entschärfung der Nagelfluh-Stufe (Kapitel xx) keine Groppe aufstieg. Die Erkenntnisse aus dem Jahr 2019 liessen sich daher nicht erweitern.

5.3.1. Ist die Nagelfluh-Rampe unterhalb des Wehres für Gropfen passierbar?

Eine dieser Schlüsselstellen ist die aus Nagelfluh bestehende Rampe unterhalb des Wehres und der FWH (Abb. 12). Während der Messkampagne vom 08.03.2020 (ohne Wehrüberfall) betrug die Absturzhöhe

38 cm. Diese ist gemäss Literaturangaben für aufsteigende Groppen nicht passierbar. Die Grenze wird mit 15 cm (SCHLÄPPI 2011, WEIBEL & PETER 2013) bzw. 18 cm (ROTH & UTZINGER 1993) angegeben. Die Fliessgeschwindigkeit 2 cm über Grund an der Basis der Rampe betrug 1.18 bis 1.71 m/s, was deutlich über der mit Hilfe von Modellrechnungen ermittelten Sprintgeschwindigkeit von 16 cm langen Groppen liegt, selbst bei idealen Wassertemperaturen. Messungen in einem «pool-and-weir» Fischpass ergaben, dass bereits viel geringere Fliessgeschwindigkeiten zwischen 0.15 und 0.50 m/s für Groppen unpassierbar sein können (KNAEPKENS et al. 2006). Die rund 2 m lange glatte Rampe unterhalb der FWH Lochmühle (Abb. 12) ist folglich als unüberwindbares Hindernis für Groppen einzustufen und dürfte primär dafür verantwortlich sein, dass keine einzige Groppe den Aufstieg via FWH schaffte. Dieses Wanderhindernis wurde durch bauliche Anpassungen entschärft (Abb. 13).



Abb. 13 Entschärfter Querriegel unterhalb des Wehres, Foto vom 14.04.2022, Blickrichtung flussabwärts.

5.3.2. Sind die Schlitzte des Vertikalschlitzpasses für Groppen passierbar?

Die Schlitzte des Vertikalschlitzpasses bilden eine weitere Schlüsselstelle. In jedem der 16 Schlitzte wurde an drei Stellen (links, Mitte, rechts) 2 cm über der Sohle die Fliessgeschwindigkeit gemessen (Mittelwert, Minimum und Maximum über 6 Sekunden).

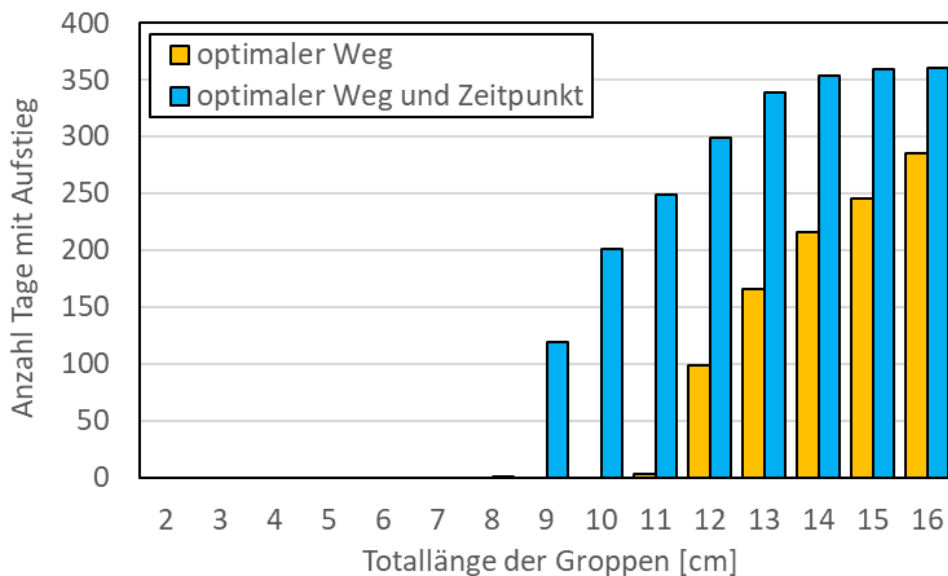


Abb. 14 Passierbarkeit der FWH des Kraftwerks Lochmühle für aufsteigende Gropfen verschiedener Totallänge während der Jahre 2015 bis 2019 (Temperatur-Daten BAFU). Berechnung nach EBEL (2016, Modell Rheophile mit Korrekturfaktor für sohlengebundene Arten).

Die gemessenen Fließgeschwindigkeiten wurden mit den mit Hilfe des Modells von EBEL (2016) ermittelten Sprintgeschwindigkeiten der Gropfen verglichen. Die Passierbarkeit wurde gemäss GUTHRUF et al. (2018) beurteilt. Die Strecke, welche in Sprintgeschwindigkeit zu überwinden ist, wurde als 30 cm angenommen und die Sprintdauer maximal 10 Sekunden. Die Sprintgeschwindigkeit der wechselwarmen Fische ist sehr stark temperaturabhängig. Die Berechnungen erfolgten daher anhand der Temperaturdaten der Messstelle Häbernbad (Tagesmittelwerte) der Jahre 2015 bis 2019, Daten: BAFU.

Vorausgesetzt, dass die Gropfen den **Weg mit der geringsten Fließgeschwindigkeit** wählen, nicht aber den Zeitpunkt (→ Mittelwert an der Stelle mit der niedrigsten Fließgeschwindigkeit), können unter 11 cm lange Gropfen nicht aufsteigen, und 11 cm lange Gropfen schaffen den Aufstieg nur an wenigen Tagen im Jahr, nämlich bei ausreichend warmem Wasser. Mit zunehmender Grösse der Gropfen steigt die Schwimtleistung und sie können an immer mehr Tagen im Jahr aufsteigen (Abb. 14). Wenn Gropfen **nicht nur den Weg, sondern auch den Zeitpunkt mit der geringsten Fließgeschwindigkeit** wählen (→ Minimum), so schaffen bereits 8 cm lange Gropfen den Aufstieg an wenigen Tagen im Jahr; 14 cm lange Gropfen können bereits an über 350 Tagen pro Jahr aufsteigen (Abb. 12). Während das Gewässer wegen der glatten natürlichen Rampe (Abb. 12) für Gropfen nicht passierbar ist, sind die Fließgeschwindigkeiten in den Schlitzen der FWH gemäss Beurteilung nach EBEL (2016) selbst für mittelgrosse Gropfen ab 8 cm überwindbar. Die Fließgeschwindigkeiten in den Schlitzen sind 2 cm über der Sohle bedeutend tiefer als auf halber Höhe, dies dank des natürlichen Sohlensubstrats. Beurteilt man die Passierbarkeit der FWH Lochmühle nach dem Massstab von KNAEPKENS et al. (2006), so ist eine Passierbarkeit fraglich. Auch wenn die Ergebnisse der Modellrechnungen und erfolgreiche Passagen in Niederried (GUTHRUF 2009) klar für eine Passierbarkeit von Vertikalschlitzpässen für Gropfen sprechen, bleiben gewisse Unsicherheiten.

5.4. Längenselektion

Eine Längenselektion gegen grosse Bachforellen kann anhand der Ergebnisse der Wirkungskontrolle weitgehend ausgeschlossen werden. Die Anteile auf- und absteigender Fische liegen über den Anteilen am Bestand im Unterwasser. Hinsichtlich dieses Kriteriums erhält die FWH die höchstmögliche Klassierung.

Eine generelle Selektion gegen kleine Bachforellen scheidet ebenfalls aus: Sowohl in der kalten als auch in der warmen Jahreszeit stiegen Vertreter der kleinsten Längensklasse 10 - 15 cm auf. Während der warmen Jahreszeit ist der Anteil der Längensklasse 10 – 15 cm an den aufsteigenden Fischen nur wenig tiefer als im Bestand im Unterwasser. Einzig während der kalten Jahreszeit ist die Längensklasse 10 – 14.9 cm im Aufstieg stark untervertreten, sowohl im Vergleich zum Bestand im Unterwasser als auch zum Abstieg. Dies ist als Indiz für eine Längenselektion zu werten, dass ein Teil der kleinen und schwächeren Tiere während der kalten Jahreszeit (und entsprechend reduzierter Schwimmleistung) die hohen Fliessgeschwindigkeiten in den Schlitzen nicht überwinden kann. Die geringe Frequentierung der FWH durch kleine Bachforellen kann aber auch andere, natürliche Gründe haben: Erwartungsgemäss dominieren vor und während der Laichzeit die grossen Bachforellen (Laichtiere) unter den Aufsteigern, da die kleinen Gewässer im Oberlauf zu den wichtigsten Laichgewässern der Bachforellen gehören (PETER & SCHAGER 2001, SCHAGER & PETER 2001, 2002).

Wegen der sehr geringen Zahl der gefangenen und markierten Tiere der kleinsten Klasse (4 im Oktober 2021, 1 im April 2022) ist der Prozentsatz der Aufsteiger sehr stark durch Zufall bestimmt. Verlässliche Aussagen sind deshalb nicht möglich.

Es gibt verschiedene Modelle zur Berechnung der Sprintgeschwindigkeit von Fischen. Mit diesen Modellen kann berechnet werden, ob 11 cm lange Bachforellen die Maximalgeschwindigkeit in den Schlitzen der FWH überwinden können:

Bei Verwendung des Modells von (KATOPODIS & GERVAIS 2016) erreicht eine 11 cm lange Bachforelle bei Temperaturen über 7.8°C Sprintgeschwindigkeiten, mit denen sie die maximale Fliessgeschwindigkeit am Boden der Schlitze von 0.88 m/s überwinden kann. Bei Verwendung des Modells von EBEL (2016) liegt die Schwellentemperatur in einem sehr ähnlichen Bereich (7.9°C). Die Modellierung der Schwimmgeschwindigkeit bestätigt somit die Ergebnisse der Aufstiegszählung und spricht gegen eine Längenselektion gegen kleine Bachforellen.

5.4.1. Gesamtbewertung des Aufstiegs nach Ebel (2006)

Die meisten Bewertungskriterien der aktuellen Anlage (inkl. Nagelfluh-Rampe unterhalb der FWH) auf Grund des Fischaufstiegs fallen gut aus. Ausnahme bildet die Artenselektion: Wenn von zwei im Unterwasser vorkommenden Arten nur eine aufsteigt, führt dies zu der schlechtmöglichsten Bewertung (1). Anhand des normierten Aufstiegs wird die FWH als «mässig» bewertet. Der Mittelwert aller Bewertungen läge bei 3.2 was eine Bewertung als «mässig» zur Folge hätte. Durch die bei der Bewertung geltende k.o.-Regel darf der Funktionsindex (Gesamtbewertung) nicht mehr als eine Klasse über dem schlechtesten Qualitätsmerkmal liegen: Entsprechend resultiert eine Bewertung als «unbefriedigend» (Tab. 7).

Tab. 7 Bewertung auf Grund des Fischaufstiegs nach EBEL (2006) mit und ohne Nagelfluh-Rampe im Rotbach unterhalb der FWH.

	mit Rampe unt FWH		ohne Rampe unt FWH	
Akkumulation im UW	gut	4	gut	4
Längenselektion kleine	gut	4	gut	4
Längenselektion grosse	gut	4	gut	4
Artenselektion	schlecht	1	gut	4
normierter Aufstieg	mässig	3	gut	4
Funktionsindex	unbefriedigend	k.o.	gut	4

Durch die Optimierung der Nagelfluh-Rampe (Abb. 12) unterhalb der FWH kann die Passierbarkeit des Gewässers für Fische massiv verbessert werden. Die Ergebnisse der Modellrechnungen legen nahe, dass die Groppe nach der Sanierung der Nagelfluh-Rampe das Gewässer passieren kann, wodurch sich

die Artenselektion von der Klasse 1 auf 4 verbessert. Da der normierte Aufstieg nur knapp als «mässig» eingestuft wurde, sollte sich dieser durch die neu aufsteigenden Groppen ebenfalls verbessern (Tab. 7).

5.4.2. Gesamtbewertung des Aufstiegs nach WOSCHITZ et al. (2003)

Auch bei dieser Bewertung fällt die Artenselektion (Groppe) beim qualitativen Fischaufstieg stark ins Gewicht. Nicht nur beim qualitativen, sondern auch beim quantitativen Fischaufstieg schlägt das Fehlen der Groppe zu Buche. Auch bei dieser Bewertung bewirkt die Sanierung der Nagelfluh-Rampe unterhalb der FWH eine massive Verbesserung der Bewertung (Tab. 8).

Tab. 8 Bewertung auf Grund des Fischaufstiegs und Fischabstiegs nach WOSCHITZ et al. (2003) mit und ohne Nagelfluh-Rampe im Rotbach unterhalb der FWH.

	mit Rampe unt. FWH		ohne Rampe unt. FWH	
Fischaufstieg qualitativ	eingeschränkt funktionsfähig	III	voll funktionsfähig	V
Fischaufstieg quantitativ Kurzdistanz	funktionsfähig	IV	voll funktionsfähig	V
Fischabstieg ganzer Querschnitt	voll funktionsfähig	V	voll funktionsfähig	V

5.5. Fazit

Die FWH entspricht auf Grund ihrer technischen Eckdaten ausnahmslos dem «state of the art». Sämtliche Grenzwerte gemäss DWA-Richtlinien (ADAM et al. 2014) werden eingehalten. Die FWH enthält eine durchgehende Natursohle.

Anlässlich der Erfolgskontrolle mit einer Kastenreuse konnten zahlreiche aufsteigende und zahlreiche absteigende Bachforellen registriert werden.

Die Bewertung auf Grund des Fischaufstiegs fällt auch mehrheitlich positiv aus, ist aber durch eine Artenselektion charakterisiert: von zwei im Unterwasser lebenden Arten fehlt eine im Aufstieg, die Groppe. Die Kleinfischart gehört zu den schwachen Schwimmern und ist stark sohlengebunden.

Ihr Fehlen ist mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Nagelfluh-Rampe unterhalb des Wehres (Abb. 12) zurückzuführen.

2021 wurde die Rampe entschärft und zusätzlich die Reusenkehle gemäss aktuellen Fachkenntnissen optimiert. Anschliessend wurde die Befischung und Fischzählung wiederholt: Der sehr schwache Groppenbestand (1 Tier, das mit der Reuse erfasst werden könnte) lassen sich aus den Ergebnissen der Untersuchung (keine auf- und absteigende Groppe) keine brauchbaren Erkenntnisse gewinnen.

Die FWH dient nicht nur als Wanderkorridor für Bachforellen, sondern auch für Flusskrebse und Amphibien: Am 14. April 2019 stieg ein Edelkrebs auf. Zwischen dem 24. Und 26. April wurden insgesamt 14 Grasfrösche und Erdkröten in der Reuse gefunden.



Edelkrebs, Foto: M. Käser.

6. Literaturverzeichnis

- ADAM, B.; BOSSE, R.; DUMONT, U.; GÖHL, C.; GÖRLACH, J.; HEIMERL, S.; KALUSA, B.; KRÜGER, F.; REDEKER, M.; SCHWEVERS, U.; SELLHEIM, P. (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. - Merkblatt DWA M 509: 334 S.
- ADAM, B.; BOSSE, R.; DUMONT, U.; HADDERINGH, R.; LOTHAR, J.; KALUSA, B.; LEHMANN, G.; PISCHEL, R.; SCHWEVERS, U. (2005). Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Hennef, DWA: 256 S.
- CARLE, F. L.; STRUB, M. R. (1978): A new method for estimating population size from removal data. - Biometrics 34: 621-630.
- DE LURY, D. B. (1947): On the estimation of biological populations. - Biometrics 3: 145-167.
- DÖNNI, W.; BECK, C.; MENDE, M.; NINCK, L.; PETER, A.; SCHÖLZEL, N.; CARMONA, A. B. Y. (2022): Wiederherstellung der Fischwanderung. Gute Praxisbeispiele für Wasserkraftanlagen in der Schweiz. - Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen 2205: 109 S.
- EBEL, G.; FRIEDRICH, F.; GLUCH, A.; LECOUR, C.; WAGNER, F. (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. - BWK Fachinformation 1/2006: 115 S.
- GUTHRUF, J. (2014): Konzept Erfolgskontrolle Fischwanderung KWKW Lochmüli am Rotbach bei Huttwil. - Bericht Aquatica, Auftrag: Energie AG Sumiswald: 7 S.
- HUET, M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. - Schweiz. Z. Hydr. XI(3/4): 332-351.
- JUNGWIRTH, M.; PARASIEWICZ, P. (1994): Fischaufstiegshilfen in Gebirgsflüssen. - Bericht BOKU, Auftrag: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: 245 S.
- KATOPODIS, C.; GERVAIS, R. (2016): Fish swimming performance database and analyses -Research Document Katopodis Ecohydraulics Ltd. Fisheries and Oceans Canada Central and Arctic Region, Auftrag: Fisheries and Oceans Canada Canadian Science Advisory Secretariat (CSAS) 550 S.
- KNAEPKENS, G.; BAEKELANDT, K.; EENS, M. (2006): Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. - Ecology of freshwater fish 15(1): 20-29.
- LARINIER, M. (1983): Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages par les poissons migrateurs. - Bull. Fr. Piscic. Num. Spec.: 39 S.
- PETER, A.; METTLER, R.; SCHÖLZEL, N. (2016): Vorprojekt „PIT-Tagging Untersuchungen am Hochrhein-Kraftwerk Rheinfelden“. - Studie FishConsulting, Auftrag: Bundesamt für Umwelt BAFU: 43 S.
- PETER, A.; SCHAGER, E. (2001): Wilde Bachforellensömmerlinge - Indikatoren der natürlichen Fortpflanzung. - fischnetz-info 6: 8-10.
- PLOMB, J.; ZAUGG, J.; ZAUGG, B. (2020): Gorges de Court, Droit de force hydraulique n° 53012, Dispositif de montaison, Contrôle des effets. - Rapport d'évaluation du suivi de fonctionnalité et d'efficacité Aquarius, Auftrag: Adrien Dubuis Kraftwerke AG: 13 S. + 24 S. Anhang.
- ROTH, C.; UTZINGER, J. (1993): Ökologie der Groppe (*Cottus gobio* L.) und deren Eignung als Indikatorfisch für den chemischen und morphologischen Zustand eines Fließgewässersystems. - Diplomarbeit ETH Zürich: 132 S.
- SCHAGER, E.; PETER, A. (2001): Bachforellensömmerlinge, Phase I. - Bericht Fischnetz Teilprojekt 01/12 EAWAG, Auftrag: Netzwerk Fischrückgang Schweiz: 315 S.
- SCHAGER, E.; PETER, A. (2002): Bachforellensömmerlinge, Phase II. - Bericht Fischnetz Teilprojekt 01/12 EAWAG, Auftrag: Netzwerk Fischrückgang Schweiz: 218 S.
- SCHLÄPPI, T. (2011): Does restoration of longitudinal connectivity in rivers using block ramps enhance upstream migration of small fishes? - Masterarbeit Universität Bern: 27 S.

- SCHWEVERS, U.; ADAM, B. (2019): PIT-Tagging Hochrhein. - Abschlussbericht Institut für angewandte Ökologie, Auftrag: Bundesamtes für Umwelt BAFU, Abteilung: Fischdurchgängigkeit: 169 S.
- SCHWEVERS, U.; ADAM, B.; THUMERER, D. (2005): Auswertung durchgeführter Erfolgskontrollen. - Auftrag: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat IV-10 Grundsatzfragen Wasserwirtschaft, Ökologie der Fließgewässer, Hochwasserschutz: 193 S.
- WEIBEL, D.; PETER, A. (2013): Effectiveness of different types of block ramps for fish upstream movement. - Aquatic Sciences 75(2): 251-260.
- WILMSMEIER, L.; PETER, A.; SCHÖLZEL, N.; KASTENHOFER, O. (2020): Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken, Weiterführende Untersuchungen zum Einsatz der kombinierten Kehle. - Merkblatt FishConsulting GmbH, Auftrag: Bundesamt für Umwelt (BAFU): 71 S.
- WILMSMEIER, L.; SCHÖLZEL, N.; PETER, A. (2018): Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken. Die unterschätzte Bedeutung der Reusenkehle. - Studie Peter FishConsulting, Auftrag: Bundesamtes für Umwelt BAFU: 48 S.
- WOSCHITZ, G.; EBERSTALLER, J.; SCHMUTZ, S. (2003): Richtlinie 1/2003, Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. - Ö. Fischereiverband, Auftrag: 24 S.
- ZAUGG, C.; DÖNNI, W.; BOLLER, L.; GUTHRUF, J. (2016): Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit, Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen. - Bericht F. Aquarius, AquaPlus, Aquatica, Auftrag: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser: 11 S. + 16 S. Anhang.
- ZAUGG, C.; MENDEZ, R. (2018): Kleinwasserkraftwerk Stroppe, Wirkungskontrolle Fischabstieg am Horizontalrechen mit Bypass. - Schlussbericht Aquarius ; Axpo, Auftrag: Axpo Kleinwasserkraft AG: 95 S. + 7 S. Anhang.

7. Anhang

7.1. Datenanhang

Tab. 9 Maximale Fließgeschwindigkeit in den Schlitzen der FWH Lochmühle. Mittelwerte, Maxima und Minima über 6 sec. Messung vom 8.3.2020.

Nr.	Mittel	Max	Min	Bemerkungen
1	1.37	1.55	1.04	Vmax obere Wand oberstes (1.) Becken
2	1.54	1.64	1.36	Vmax obere Wand 2. Becken
3	1.67	1.77	1.51	Vmax obere Wand 3. Becken
4	1.40	1.64	1.17	Vmax obere Wand 4. Becken
5	1.65	1.83	1.47	Vmax obere Wand 5. Becken
6	1.50	1.64	1.38	Vmax obere Wand 6. Becken
7	1.76	1.81	1.68	Vmax obere Wand 7. Becken
8	1.68	1.79	1.49	Vmax obere Wand 8. Becken
9	1.83	2.00	1.47	Vmax obere Wand 9. Becken
10	1.75	1.81	1.68	Vmax obere Wand 10. Becken
11	1.54	1.70	1.28	Vmax obere Wand 11. Becken
12	1.56	1.77	1.34	Vmax obere Wand 12. Becken
13	1.58	1.70	1.38	Vmax obere Wand 13. Becken
14	1.51	1.70	1.30	Vmax obere Wand 14. Becken
15	1.27	1.41	1.13	Vmax obere Wand 15. Becken
16	1.53	1.68	1.21	Vmax obere Wand 16. Becken

Tab. 10 Fließgeschwindigkeit in den Becken der FWH Lochmühle im Bereich des Strömungspfades. Mittelwerte, Maxima und Minima über 6 sec., Messung vom 8.3.2020.

Nr.	Mittel	Max	Min
1	1.23	1.51	0.92
2	0.99	1.17	0.66
3	0.55	0.83	0.21
4	0.77	1.00	0.47
5	0.68	0.81	0.43
6	0.51	0.64	0.32
7	0.37	0.64	0.12
8	0.60	0.75	0.41
9	1.45	1.68	1.13

Tab. 11 Fließgeschwindigkeit 2 cm über Grund am Fuss der Nagelfluh-Rampe unterhalb der FWH Lochmühle. Mittelwerte über 6 sec., Messung vom 8.3.2020.

Messung Nr.	Mittelwert 5 sec.
1	1.18
2	1.21
3	1.29
4	1.79
5	1.56
6	1.41
7	1.68
8	1.67
9	1.7
10	1.63

Tab. 12 Fließgeschwindigkeit 2 cm über Grund der Schlitze der FWH Lochmühle. Mittelwerte, Maxima und Minima über 6 sec. Messung vom 8.3.2020.

Nr.	Standort	Mittel	Max	Min	Bemerkungen
1	links	0.90	1.11	0.68	V _{Grund} obere Wand oberstes (1.) Becken
	Mitte	0.48	0.66	0.37	
	rechts	0.76	0.90	0.58	
2	links	0.95	1.07	0.90	V _{Grund} obere Wand 2. Becken
	Mitte	0.58	0.66	0.51	
	rechts	0.59	0.81	0.41	
3	links	1.26	1.41	1.17	V _{Grund} obere Wand 3. Becken
	Mitte	0.91	1.09	0.79	
	rechts	0.45	0.54	0.34	
4	links	1.17	1.32	0.96	V _{Grund} obere Wand 4. Becken
	Mitte	0.59	0.70	0.54	
	rechts	0.75	1.30	0.51	
5	links	0.88	1.02	0.58	V _{Grund} obere Wand 5. Becken
	Mitte	1.34	1.51	1.11	
	rechts	1.30	1.47	1.11	
6	links	1.27	1.41	1.19	V _{Grund} obere Wand 6. Becken
	Mitte	0.43	0.51	0.34	
	rechts	0.83	0.90	0.77	
7	links	1.63	1.81	1.55	V _{Grund} obere Wand 7. Becken
	Mitte	0.32	0.45	0.19	
	rechts	1.54	1.64	1.43	
8	links	1.59	1.66	1.45	V _{Grund} obere Wand 8. Becken
	Mitte	0.88	0.94	0.68	
	rechts	1.54	1.68	1.47	
9	links	0.70	1.83	0.26	V _{Grund} obere Wand 9. Becken
	Mitte	1.47	1.72	1.26	
	rechts	1.20	1.32	1.13	
10	links	0.76	0.94	0.58	V _{Grund} obere Wand 10. Becken
	Mitte	1.06	1.19	0.83	
	rechts	0.71	0.85	0.62	
11	links	0.31	0.54	0.17	V _{Grund} obere Wand 11. Becken
	Mitte	0.61	1.26	0.17	
	rechts	0.31	0.41	0.17	
12	links	1.71	1.83	1.55	V _{Grund} obere Wand 12. Becken
	Mitte	1.32	1.43	1.26	
	rechts	0.53	0.70	0.37	
13	links	0.44	0.51	0.39	V _{Grund} obere Wand 13. Becken
	Mitte	0.63	0.79	0.51	
	rechts	0.13	0.21	0.08	
14	links	1.37	1.47	1.24	V _{Grund} obere Wand 14. Becken
	Mitte	1.39	1.55	1.28	
	rechts	0.16	0.28	0.06	
15	links	0.90	1.21	0.75	V _{Grund} obere Wand 15. Becken
	Mitte	0.79	0.90	0.68	
	rechts	0.60	0.68	0.54	
16	links	0.19	0.30	0.12	V _{Grund} obere Wand 16. Becken
	Mitte	1.38	1.55	1.24	
	rechts	1.47	1.53	1.38	
17	links	0.39	0.45	0.34	V _{Grund} Einstieg
	Mitte	0.62	0.79	0.41	
	rechts	0.22	0.34	0.10	

7.2. Konzept für Wirkungskontrolle Passierbarkeit für Gropfen

Ein «Microhoming-Versuch» wäre ein geeignetes Mittel für die Prüfung der Passierbarkeit für Gropfen: Dabei werden im Oberwasser gefangene Gropfen ins Unterwasser versetzt, gefolgt von einer Reusen Zählung in den Monaten April bis Mai und Oktober bis November.

Seit der Fertigstellung der Fangreuse der FWH Lochmühle wurden Erkenntnisse hinzugewonnen über die Fängigkeit von Reusen. Reusenkehlen aus Netzstoff erwiesen sich dabei als tauglich mit Fängigkeiten von über 93% (WILMSMEIER & PETER 2018, WILMSMEIER et al. 2018). Es empfiehlt sich, sowohl das Aufstiegs- als auch das Abstiegs-Kompartiment mit einer zusätzlichen sohlennahen Kehle aus Netzstoff auszurüsten (Abb. 15, aus WILMSMEIER et al. 2018).



Abb. 15 Für aufsteigende Fische fängige Reusenkehle aus Netzstoff. Foto aus WILMSMEIER et al. (2018).

7.2.1. Kostenrahmen, ohne Umbau Reuse und ohne Entschädigung Zählpersonal

Arbeiten	Std.	Ansatz [Fr./Std.]	Kosten [Fr.]
Vorbereitungen, Organisieren	2	157.00	314.00
Fang+Messen Gropfen im Oberwasser, Biologe	6	157.00	942.00
Fang+Messen Gropfen im Oberwasser, Helfer	6	25.00	150.00
Instruktion Zählteam inkl. Vorbereitung	3	157.00	471.00
2 gemeinsame Zählungen	3	157.00	471.00
Fahrten Biologe	8	111.00	888.00
Fahrten Helfer	4	25.00	100.00
Auswertungen	4	157.00	628.00
Bericht verfassen (nur Gropfenaufstieg)	8	157.00	1'256.00
Summe Arbeit	44		5'220.00

Spesen	Anzahl	Ansatz	
Anfahrt PW [km]	600	0.60	360.00
Miete EFG [Std.]	4	40.00	160.00
Summe Spesen			520.00
Summe Arbeit und Spesen (inkl. MWSt.)			5'740.00
7.7% MWSt.			442.00
Summe Arbeit und Spesen (ohne MWSt.)			6'182.00