Bericht

Kraftwerk Rüchlig AG
Wiederherstellung der Fischwanderung

Fischabstieg Dotierkraftwerk
Wirkungskontrolle Fischabstieg am Horizontalrechen mit Bypass

Ricardo Mendez HTW-G
Martina Breitenstein WFN – Wasser Fisch Natur AG
Luca Hoppler WFN – Wasser Fisch Natur AG

14. Juli 2020

Ref.-Nr. H 17331

Axpo Power AG | Hydroenergie & Biomasse
Parkstrasse 23 | CH-5401 Baden
T +41 56 200 31 11 | F +41 56 200 37 55 | www.axpo.com

Voller Energie

Details zum Dokument

Titelbild		Dotierkraftwerk und Stauwehr
Dokumentenart/-klasse		Bericht
Nummer		H 17331
Auftraggeber		Kraftwerk Rüchlig AG
Anlage/Objekt		Wiederherstellung der Fischwanderung
Titel		Fischabstieg Dotierkraftwerk
Betreff		Wirkungskontrolle Fischabstieg am Horizontalrechen mit Bypass
Erstellt	14.07.2020	Ricardo Mendez HTW-G Martina Breitenstein WFN – Wasser Fisch Natur AG Luca Hoppler WFN – Wasser Fisch Natur AG
Geprüft	14.07.2020	Ueli Rickenbacher HTW-U
Freigegeben	14.07.2020	Nadia Semadeni HTW-G
Filename		KWRü 2020.07.14 Wirkungskontrolle Fischabstieg.docx
Attribute		Bericht | KWRü | Rüchlig | Ökologie | Fischauf-, -Abstieg

Verteiler

Name	STKZ
Sabin Nater	Abteilung Landschaft und Gewässer, Sektion Gewässernutzung, Kanton Aargau
Andreas Mülhaupt	Abteilung Landschaft und Gewässer, Sektion Gewässernutzung, Kanton Aargau
Tabea Kropf	Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei, Kanton Aargau
Martin Huber Gysi	Sektion Sanierung Wasserkraft BAFU
Martin Pfaundler	Sektion Sanierung Wasserkraft BAFU
Manuel Häfeli	Betriebsleiter Kraftwerk Rüchlig (HPA-B)
Isabella Pfingstl	Ablage HT

Änderungsindex

Revision	Beschreibung	Erstellt	Datum
0	Erstfassung	WFN, R. Mendez	14.07.2020

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 2

1. Einleitung 4

2. Gesetzliche Ausgangslage und Verfahren 5

3. Beschreibung des Kraftwerks Rüchlig und der Fischabstiegsanlage 6
   3.1 Allgemein 6
   3.2 Fischabstieg 7

4. Konzept und Fragestellungen der Wirkungskontrolle 10

5. Beschreibung der Einrichtungen für die Wirkungskontrolle Fischabstieg 11
   5.1 Zählungen mittels Hamen 11
   5.2 Hälterung 14
   5.3 Sonar ARIS 3000 14

6. Methoden für die Wirkungskontrolle 15
   6.1 Abstiegskontrollen mittels Hamenreuse 15
   6.2 Aris-Sonar 19

7. Resultate und Interpretationen 20
   7.1 Anzahl absteigende Fische und Abstiegsraten 20
   7.2 Artenspektrum und relative Häufigkeit 22
   7.3 Längenspektrum aller erfassten abwandernden Fische 28
   7.4 Saisonale Verteilung der abwandernden Fischarten und deren Längenklassen 30
   7.5 Diurnalität 32
   7.6 Analyse der äusseren Faktoren (Abfluss, Trübung, Temperatur, Mondphase) als mögliche Trigger für den Fischabstieg 39
   7.7 Verletzungen oder Mortalitäten der via Bypass DKW abgestiegenen Fische und theoretische Mortalitätsraten der anderen Abwärtspassagen beim DKW 42

8. Schlussfolgerungen zur Funktionalität der Fischabstiegsanlage 48
   8.1 Beantwortung der gestellten Fragen 48
   8.2 Gesamtfazit der Fischabstiegsanlage beim DKW des Kraftwerks Rüchlig 50

9. Empfehlungen 50
   9.1 Planung von Fischabstiegshilfen 50
   9.2 Wirkungskontrollen von Fischabstiegshilfen 51

Literatur 53

Abbildungsverzeichnis 54

Tabellenverzeichnis 56

Zusammenfassung

Mitte 2015 wurden die Bauarbeiten im Rahmen der Erneuerungen des Kraftwerkes Rüchlig der Kraftwerk Rüchlig AG (KWRü; ehemals Axpo Power AG) fertiggestellt. Das bewilligte Bauprojekt enthält auch den Neubau von zwei Fischaufstiegsanlagen und einer Fischabstiegsanlage am neu geplanten Dotierkraftwerk. Als Fischabstiegsanlage beim Dotierkraftwerk wurde ein Horizontalrechen mit einem lichten Stababstand von 20 mm gebaut, welcher sowohl Fische wie auch Geschwemmsel zu einem Bypass ins Unterwasser führt. Bei diesen Massnahmen handelt es sich um eine Wiederherstellung der Fischgängigkeit nach Art. 10 des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF).

Für den Nachweis der Funktionalität des Fischabstiegs beim Dotierkraftwerk Rüchlig wurde eine Wirkungskontrolle durchgeführt. Dabei standen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Wie viele Fische werden bei den Abstiegskontrollen beim Dotierkraftwerk erfasst?
- Welche Arten werden bei den Abstiegskontrollen beim Dotierkraftwerk erfasst?
- Welche Stadien werden bei den Abstiegskontrollen beim Dotierkraftwerk erfasst?
- Wie verhalten sich Fische vor dem Rechen?
- Gelangen absteigende Fische verletzungsfrei ins Unterwasser?

Da es sich beim Fischabstieg des Dotierkraftwerks Rüchlig um ein schweizweites Pilotprojekt bezüglich des Fischabstieges handelte und zum Verhalten der Fische während des Abstiegs in grösseren Fliessgewässern im Mittelland wenig bekannt ist, wurde zusätzlich versucht, die folgende Fragestellung zu beantworten:

- Wodurch wird Fischwanderung ausgelöst resp. wann findet Fischabwanderung statt?

Unmittelbar nach Inbetriebnahme der Anlage wurde im Sommer 2015 mit den Vorbereitungen für die Wirkungskontrollen begonnen. Für die Wirkungskontrolle des Fischabstiegs wurde eine Hamenreuse eingesetzt sowie mit einer Stichprobe mittels ARIS-Sonar untersucht, wie die Fische im Oberwasser den Horizontalrechen anschwimmen und wie lange es dauert, bis sie zum Bypass gelangen.

Das ursprüngliche Konzept der Wirkungskontrolle mit wenigen, lange dauernden Untersuchungsblöcken von 2 bis 3 Tage wurde aufgrund der bereits gemachten Erfahrungen an der Limmat beim Kraftwerk Stroppel der Axpo Kleinwasserkraft AG angepasst und vom Kanton bewilligt. Hauptbestandteil der Änderung des Konzepts war die Durchführung von mehreren Stichproben während einigen Stunden in der Abenddämmerung, da an der Limmat zu dieser Zeit am meisten Abstiegsaktivität festgestellt wurde.

Insgesamt wurden beim Dotierkraftwerk Rüchlig im Jahr 2017 15 Stichproben (jeweils ca. 4.5 Stunden) und zwei längeren Untersuchungsblöcke (rund 16 resp. 22 Stunden) durchgeführt. Dabei wurden total 17‘094 Fische während einer gesamten Untersuchungszeit von 109.5 Stunden gezählt. Es zeigte sich, dass während eines Grossteils des Jahres wenig Fischabstieg herrscht, jedoch in Abhängigkeit der Umweltbedingungen resp. Jahreszeit Massenabstiege stattfinden. Diese Massenabstiege sind u.a. von der Hydrologie (Abflusserhöhungen ohne Hochwasser) sowie der Wassertemperatur (im Herbst sinkend) abhängig.

Bei den Abstiegskontrollen konnten gesamthaft 22 Fischarten erfasst werden. Die mit Abstand häufigste Fischart war das Rotauge mit über 9‘000 gezählten Individuen. Während des Massenabstiegs vom 14. November 2017 konnten nicht alle Cypriniden einzeln bestimmt werden. Aufgrund der vorliegenden Fotodokumentation war jedoch ersichtlich, dass es sich ebenfalls mehrheitlich um Rotaugen handelte. Die zweithäufigste Fischart war das Egli mit rund 540 Individuen. Ebenfalls relativ häufig waren Brachsmen, gefolgt von Haseln und Rotfedern mit jeweils über 100 Individuen. Alet, Schneider und Lauben waren weitere häufige Arten. Die übrigen Arten waren bei den Untersuchungen eher selten.

Ein Grossteil der über den Bypass abwandernden Fische (rund 96%) hatte eine Körperlänge kleiner 10 cm. All diese Fische hätten aufgrund ihrer Körperdimensionen physisch den Horizontalrechen mit einer lichten Stabweite von 20 mm passieren können. Dies lässt darauf schliessen, dass die Leitwirkung des

Axpo - Internal

Horizontalrechens gut ist. Gezielte Untersuchungen über die Rechenpassage wurden nicht durchgeführt. Während den ARIS-Untersuchungen am 23. Oktober 2017 wurden jedoch keine Fische beobachtet, welche versucht haben, den Rechen zu passieren.

Es wurden kaum grosse Fische im Abstieg nachgewiesen. Über die Ursachen kann nur spekuliert werden. Möglicherweise wurden die Zeiträume, in welchen die grösseren Fische abwandern, schlicht verpasst, oder die grösseren Fische wählten aufgrund der deutlichen grösseren Strömung hin zum Hauptkraftwerk den Weg über dieses.

Während der Wirkungskontrolle wurden praktisch keine toten Fische nachgewiesen (total 40 Fische; resp. 0.23%). Vereinzelt wurden verletze Fische mit Hämatomen oder Schuppenverlusten festgestellt. Inwieweit sich diese im Bypass selbst, in der Hamenreuse oder durch das Handling mit der Hamenreuse (Abrasionskräfte) verletzten, kann nicht abschliessend geklärt werden. Vor allem die Schuppenverluste wurden aber mit grosser Wahrscheinlichkeit durch das Handling im Hamennetz verursacht.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass der Horizontalrechen beim Dotierkraftwerk Rüchlig mit einer lichten Stabweite von 20 mm eine gute Leitwirkung zum Bypass hat und der Bypasseinstieg schnell aufgefunden und akzeptiert wird. Verletzungen aufgrund der Bypasspassage konnten nicht nachgewiesen werden, resp. sind sie anteilsmässig verschwindend klein. Insgesamt kann die Anlage somit als funktionstüchtig beurteilt werden.

Axpo - Internal

1. Einleitung

Die Konzession des Kraftwerks Rüchlig in Aarau lief am 21. September 2011 ab. Die Kraftwerk Rüchlig AG (ehemals Axpo Power AG) als Eigentümerin des Kraftwerks Rüchlig reichte am 5. Juli 2010 bei den zuständigen Behörden des Kantons Aargau ein Konzessions- und Baugesuch (Projekt NERU New Design) ein. Am 17. August 2011 erteilte der Regierungsrat des Kantons Aargau der Kraftwerk Rüchlig AG eine Konzession zur Nutzung der Aare im Kraftwerk Rüchlig in Aarau für die nächsten 60 Jahre sowie die Baubewilligung.

Am 2. Juli 2012 wurde das Kraftwerk Rüchlig ausser Betrieb genommen. Damit begann die zentrale Bauphase der umfassenden Erneuerung des Kraftwerks. Die Bauarbeiten wurden Mitte 2015 abgeschlossen.

Das bewilligte Bauprojekt enthält auch den Neubau von zwei Fischaufstiegsanlagen und einer Fischabstiegsanlage am neu geplanten Dotierkraftwerk. Bei diesen Massnahmen handelt es sich um eine Wiederherstellung der Fischgängigkeit nach Art. 10 des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF), welche nach Art. 34 des Energiegesetzes (EnG) durch den nationalen Netzzuschlagsfonds vollumfänglich entschädigt wird. Die gesetzliche Ausgangslange und das Verfahren sind in Kapitel 2 beschrieben.

Im Frühling 2015 ist die Fischabstiegsanlage am Dotierkraftwerk in Betrieb gegangen. Bei der Fischabstiegsanlage mit Horizontalrechen mit einem lichten Stababstand von 20 mm, welcher sowohl Fische wie auch Geschwemmsel zu einem Bypass führt (Prinzip Fisch- und Treibgutableiter nach Ebel, Gluch & Kehl [1]). Es handelt sich um die schweizweit erste geplante und zweite realisierte Pilotanlage mit einem Horizontalrechen, welcher in einem Buchtenkraftwerk platziert ist und seitlich angeströmt wird. Im ersten Projekt im Jahr 2007 war das internationale Wissen betreffend Fischabstiegsanlagen noch nicht breit gefächert. Für Fliessgewässer in der Grössenordnung der Aare gab es keine Patentlösungen für Konstruktionsweisen von Fischschutz und -abstiegsanlagen. Im Frühling 2010 erhielt die Axpo Power AG im Rahmen einer Arbeitsgruppensitzung den Hinweis, dass in Deutschland an der Saale Fischabstiegsanlagen für Kraftwerke mit einer Ausbauwerke kleiner 50 m³/s eingesetzt werden, welche sich betrieblich wie auch aus fischbiologischer Sicht bewährt haben. Ende April 2010 wurde die Fischabstiegsanlage in Halle Planena an der Saale mit Horizontalrechen und integrierter Fischabstiegsanlage (Bypass) vor Ort besichtigt. Weil es sich beim DKW Rüchlig auch um ein Kraftwerk mit einer ähnlich grossen Ausbauwassermenge handelt, wurde erkannt, dass diese Bauweise grundsätzlich auch beim Dotierkraftwerk Rüchlig technisch möglich ist.

Unmittelbar nach Inbetriebnahme der Fischabstiegshilfe wurde mit den Vorbereitungen für die Durchführung der Wirkungskontrolle begonnen. Bei Aufstiegskontrollen in Fischpässen können aufsteigende Fische u.a. mittels Reusen oder Fangkammern erhoben werden. Es reicht in der Regel, wenn diese Geräte einmal pro Tag kontrolliert werden, wodurch der Aufwand vergleichsweise gering ist und langzeitige Kontrollen durchgeführt werden können. Anders beim Fischabstieg: Bei Anlagen wie jener des Kraftwerks Rüchlig «passiert» zusammen mit absteigenden Fischen laufend auch Geschwemmsel den Bypass; der Rechen wird zudem mit einer horizontal laufenden Rechenreinigungsmaschine gereinigt, wobei das Geschwemmsel in die Treibgutleitung (Bypass) gestossen wird. Absteigende Fische gelangen nach der Bypasspassage in einen relativ schnell fliessenden Bereich des Unterwassers, wo sie aufgrund der Verletzungsgefahr (Geschwemmsel) und der hohen Schwimmgeschwindigkeit (Erschöpfung) nicht während längerer Zeit in einem Fanggerät belassen werden können. Für den Fang von absteigenden Fischen werden in den meisten Fällen Netzsysteme eingesetzt, sogenannte Hamen, die i.a. in kurzen Zeitabständen geleert werden müssen. Hamen wurden ursprünglich v.a. im kommerziellen Fischfang eingesetzt. Beim Hameneinsatz für wissenschaftliche Untersuchungen resp. Wirkungskontrollen erfolgt eine stationäre Montage eines solchen Netzes unterhalb des zu überprüfenden Fliessquerschnitts. Abgestiegene Fische werden mit Hilfe eines trichterförmigen Fangsackes dem hinteren Fangteil des Hamens zugeleitet, an dem sich eine Netzreuse befindet, die geleert werden kann.

Die Wirkungskontrolle beinhaltete in einem ersten Schritt eine einfache technische Funktionskontrolle. Anschliessend wurden im Jahr 2017 die eigentlichen Fischzählungen durchgeführt. Mit den Untersuchungen resp. der Berichterstattung wurde zugewartet, bis die erste in der Schweiz durchgeführte Wirkungskontrolle an der Fischabstiegsanlage des Kraftwerks Stroppel der Axpo Kleinwasserkraft AG abgeschlossen war [2]. Grund dafür war, dass die Verwendung der Methode für die Auswertung und das Know-How

Axpo - Internal

übernommen werden konnte, resp. dass ein Vergleich der beiden Fischabstiegshilfen als zielführend betrachtet wurde. Der Bericht der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel wurde am 8. September 2018 bei den Behörden eingereicht und als vollständig erachtet.

Die Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Rüchlig wurde durch die Abteilung Wasser, Bau & Umwelt der Axpo Power AG durchgeführt, welche bereits über umfangreiche Erfahrungen aus der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel verfügte. Für die Durchführung der Wirkungskontrolle vor Ort und die Datenanalysen der Hamenversuche und die Berichterstattung wurde zusätzlich WFN - Wasser Fisch Natur AG beauftragt. Die technische Unterstützung vor Ort für den Versuchsaufbau, die Steuerung des Kraftwerks und die Mithilfe bei den Untersuchungsblöcken wurde durch das Betriebspersonal des Kraftwerks Rüchlig wahrgenommen.

2. Gesetzliche Ausgangslage und Verfahren

Mit Schreiben vom 19. November 2012 hatte die Axpo Power AG bei der Sektion Jagd und Fischerei (SJF) des Departements Bau, Verkehr und Umwelt (DBVU) des Kantons Aargau ein Gesuch für Entschädigung von Massnahmen nach Art. 10 BGF eingereicht. Mit Schreiben vom 2. September 2014 ergänzte sie das Gesuch mit Präzisierungen zur Ausbauwassermenge sowie zum Konzept der Wirkungskontrolle inkl. Kostenzusammenstellung [3].

Die SJF hat das Gesuch mit seiner Stellungnahme vom 22. Januar 2013 dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) weitergeleitet und mit einem weiteren Schreiben vom 13. Februar 2015 ergänzt.

Mit dem Regierungsratsbeschluss (RRB) des Kanton Aargau vom 3. Dezember 2014 (RRB Nr. 2014-001322) wurde die Ausbauwassermenge auf 360 m³/s (4 x 90 m³/s) beim Hauptkraftwerk plus 40 m³/s beim Dotierkraftwerk festgelegt. Mit selbigem RRB wurde verfügt, den Fischabstieg beim Dotierkraftwerk umzusetzen und zwischen 2015 bis 2017 eine Wirkungskontrolle durchzuführen.

Das BAFU beurteilte das Gesuch nach Art. 28 der Energieverordnung (EnV) und erstellte am 21. April 2015 zuhanden der nationalen Netzgesellschaft Swissgrid nach Anhörung der Gesuchstellerin einen mit dem Kanton abgestimmten Antrag über die Gewährung und voraussichtliche Höhe der Engschädigung. Mit Schreiben der Swissgrid AG (Swissgrid) vom 10 Juni 2015 (Ref. Swissgrid: ESW0015, Ref. BAFU: O105-0738) erhielt die Axpo den positiven Bescheid für die Rückvergütung der Projektierungs- und Baukosten sowie der Kosten für die Durchführung der Wirkungskontrolle an den Fischwanderanlagen beim Kraftwerk Rüchlig.

Gemäss dem Schreiben der Swissgrid vom 10. Juni 2015 und dem RRB des Kantons Aargau vom 3. Dezember 2014 hatte die Wirkungskontrolle der Fischwanderanlagen in den Jahren 2015 bis 2017 zu erfolgen. Ab dem 1. April 2016 waren Zählungen in den beiden Zählkammern der Fischaufstiegshilfen während einem Jahr vorgesehen, wobei die Zählungen von den lokalen Fischereivereinen durchgeführt werden sollten. Aufgrund einer kurzfristigen Absage der Fischereivereine Mitte März 2016, konnten die vorgesehenen Zählungen in den beiden Zählkammern nicht wie geplant am 1. April 2016 initiiert und mussten dementsprechend zeitlich verschoben werden. Daneben musste die Wirkungskontrolle des Fischabstiegs aufgrund der damaligen baulichen Anpassungen zur Behebung der Verlandungsproblematik ebenfalls zeitlich auf das Jahr 2017 verschoben werden. Mit der vorgesehenen Zähldauer von einem Jahr und den anschliessenden Auswertungen konnte aufgrund der terminlichen Verschiebung der Zählungen die Wirkungskontrolle inklusive Berichterstattung nicht wie verlangt im Jahre 2017 abgeschlossen werden. Am 22. April 2016 meldete die Axpo Power AG daher eine zeitliche Verzögerung der Wirkungskontrolle der kantonalen Behörde.

Die eigentliche Wirkungskontrolle des Fischabstiegs beim Dotierkraftwerk (Feldaufnahmen) konnte schliesslich im Januar 2017 gestartet werden und dauerte bis Ende November 2017.

Axpo - Internal

3. Beschreibung des Kraftwerks Rüchlig und der Fischabstiegsanlage

3.1 Allgemein

Beim Kraftwerk Rüchlig handelt es sich um ein Ausleitkraftwerk mit dem Hauptkraftwerk (HKW) sowie Hochwasserentlastung im Kraftwerkskanal und einem Stauwehr sowie einem Dotierkraftwerk (DKW) in der Restwasserstrecke (vgl. Abb. 3.1). Von 2012 bis 2015 wurde das Kraftwerk Rüchlig erneuert. Seither sind beim HKW vier Maschinengruppen mit einer Ausbauwassermenge von je 90 m³/s und beim DKW eine Maschinengruppe mit einer Ausbauwassermenge von 40 m³/s in Betrieb. Das Wasser wird in allen fünf Maschinengruppen mittels horizontalachsigen Kaplanrohrturbinen turbiniert, wobei es sich bei allen Laufrädern um Minimal-Gap-Runner mit jeweils drei Schaufelblättern handelt. Die Fallhöhe beträgt beim HKW 3.0 bis 3.2 m, während sie beim DKW 2.2 bis 3.6 m beträgt. Die total installierte Leistung liegt bei rund 11 MW, was beim Kraftwerk Rüchlig einer Jahresproduktion von rund 64 GWh entspricht. Das Kraftwerk liefert somit Energie für rund 14‘000 Haushalte.

Abb. 3.1 Übersicht der Anlageteile des Kraftwerks Rüchlig [AGIS, Zugriff 18.09.2018]

Fischaufstiegshilfen (FAH) wurden sowohl beim HKW wie auch beim DKW realisiert, während eine Fischabstiegsanlage nur beim DKW realisierbar war (vgl. Abb. 3.1). Beim HKW wurde aufgrund des fehlenden Stands der Technik noch keine Fischabstiegsanlage realisiert, gemäss RRB ist die Planung bei gegebener Machbarkeit aufzunehmen.

Axpo - Internal

3.2 Fischabstieg

Wie in Kapitel 1 beschrieben, wurde das DKW gegenüber der ersten Projektidee überarbeitet und eine Horizontalrechenanlage nach Ebel, Gluch & Kehl [1] realisiert, welche das Weiterleiten von Fischen und Treibgut durch einen permanent offenen Fischabstieg (Bypass) ermöglicht.

Im Rahmen der Überarbeitung des Projekts wurde die Auslegung der Horizontalrechens auch mit einem physikalischen Modell an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich modelliert (vgl. Abb. 3.2) [4]. Das Design des Horizontalrechens sowie des Einlaufbereichs wurde im Rahmen der Untersuchungen weiter verfeinert, u.a. wurde eine zusätzliche Leitwand im Zuströmbereich der Turbine vorgesehen. Die Untersuchungen an der VAW konnten auch zeigen, dass die maximalen Fliessgeschwindigkeiten am Horizontalrechen mehrheitlich eingehalten und nur geringfügig überschritten waren, wobei sie anströmungsbedingt aufgrund der Bauweise in einer Bucht nicht über die gesamte Rechenfläche gleichmässig sind (vgl. Abb. 3.2).

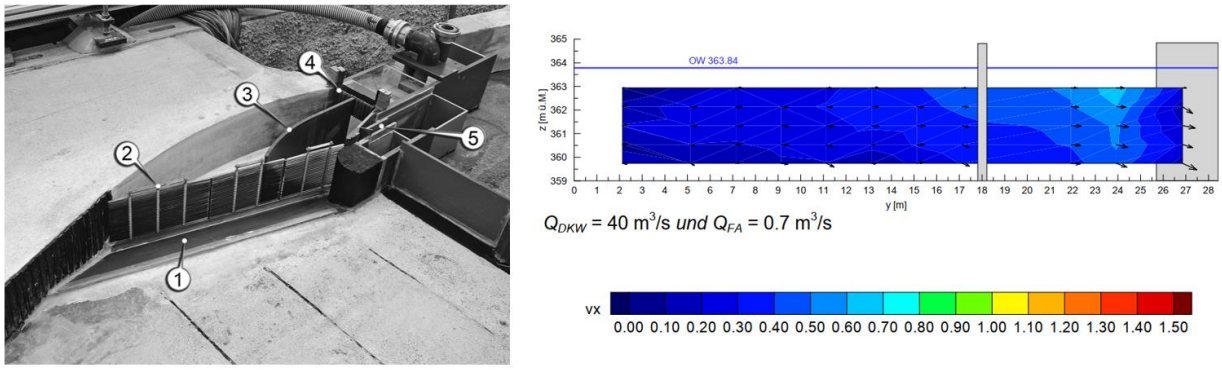

Abb. 3.2 Links: Physikalische Modell des finalen Designs. Rechts: Geschwindigkeitsverteilung senkrecht zur Rechenebene (vx) des finalen Designs beim Lastfall Q_m der Aare (302 m³/s) [4].

Als finale Sanierungsmassnahme wurde schliesslich das DKW gemäss der Übersicht in Abb. 3.3 realisiert.

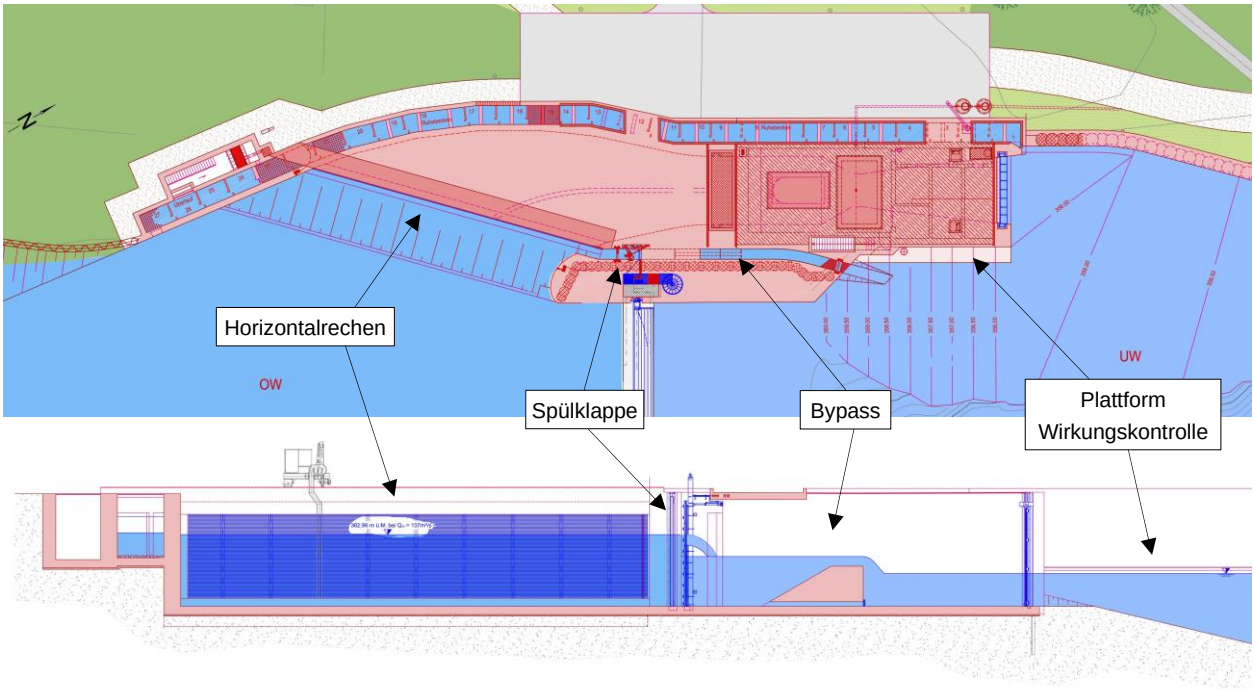

Abb. 3.3 Übersicht Fischabstieg DKW Rüchlig (Fliessrichtung von links nach rechts). Oben Situation mit den relevanten Anlageteilen, unten Längsschnitt vom Oberwasser entlang des Horizontalrechens und durch den Bypass ins Unterwasser.

Axpo - Internal

Der Horizontalrechen hat für die Fische nicht primär eine Schutzfunktion, sondern eine Leitfunktion. Der Rechen soll die Fische aufgrund seiner Neigung zur Strömung und der Tangentialströmung in Richtung Bypass leiten und über diesen sicher ins Unterwasser führen. Die eigentliche Leitvorrichtung für Fische besteht aus einer als Halbschale ausgebildete 50 cm hohe Sohlleitwand («Aalschwelle») und einem darauf senkrecht stehenden rund 28.5 m langen und 5.2 m hohem Horizontalrechen (Gesamtrechenfläche rund 150 m²), der lichte Stababstand beträgt 20 mm (vgl. Abb. 3.4 und Abb. 3.5). Fische, Schwemm- und Treibgut werden entlang des Horizontalrechens kontinuierlich zum permanent offenen 1 m breiten Bypasskanal (Fischabstiegs- und Spülkanal) geleitet, welcher im Trennpfeiler zwischen dem DKW und dem angrenzenden Wehrfeld angeordnet ist und unterhalb des Widerlagers ins Unterwasser mündet. Der Rechen mit Sohlleitwand ist fast parallel zur Fliessrichtung in der Aare und rund 45° zur Fliessrichtung in den Einlauf zum DKW ausgerichtet. Die Einlaufklappe zum Bypasskanal (Spülklappe) weist an der Sohle und an der Wasseroberfläche jeweils eine permanente Öffnung auf. Die sohlnahe Öffnung ist 0.3 m breit und 0.5 m hoch, die Fliessgeschwindigkeit beträgt im Öffnungsquerschnitt abhängig vom Oberwasserspiegel resp. dem Höhenunterschied ins Plunge Pool (rund 1.0 bis 2.8 m) rund 2.5 bis 4.5 m/s. Die obere Öffnung weist ebenfalls eine Breite von 0.3 m auf und gewährleistet einen freien Überfall mit mindestens 0.4 m Wassertiefe, wobei sie abhängig vom Oberwasserspiegel justiert werden kann. Die Fliessgeschwindigkeit beträgt bei der Überfallkante rund 1.8 bis 2.1 m/s. Unterhalb der Einlaufklappe ist ein 30° anlaufendes Überfallwehr angeordnet, um die Absturzhöhe und die Fliessgeschwindigkeit in der sohlnahen Öffnung zu reduzieren. Der Durchfluss im Bypasskanal ist abhängig vom variablen Oberwasserpegel und beträgt rund 600 bis 1’000 l/s. Wird die Klappe für den Spülvorgang geöffnet, erhöht sich der Abfluss im Bypasskanal kurzzeitig stark.

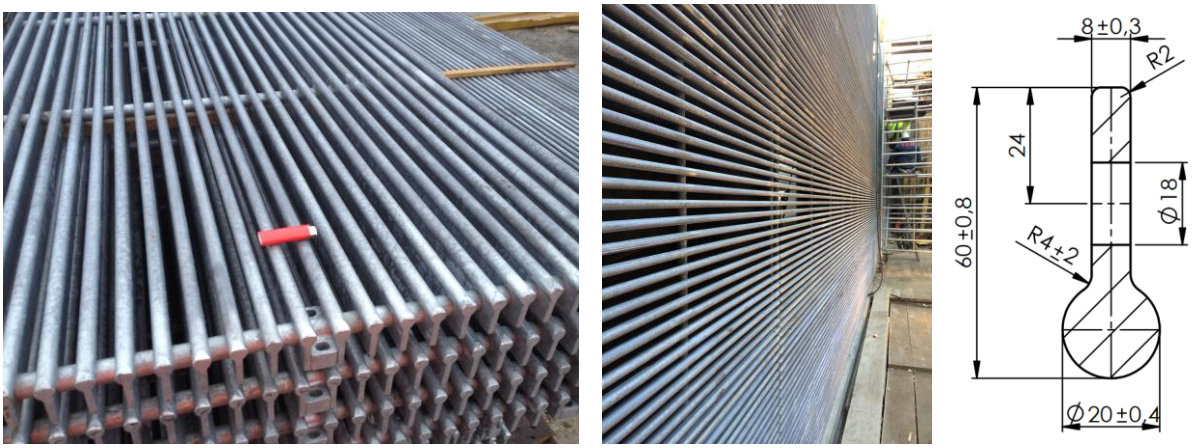

Abb. 3.4 Rechenprofil mit einer Stabbreite von 20 mm und Stabtiefe von 60 mm. Der lichte Stababstand beträgt 20 mm.

Axpo - Internal

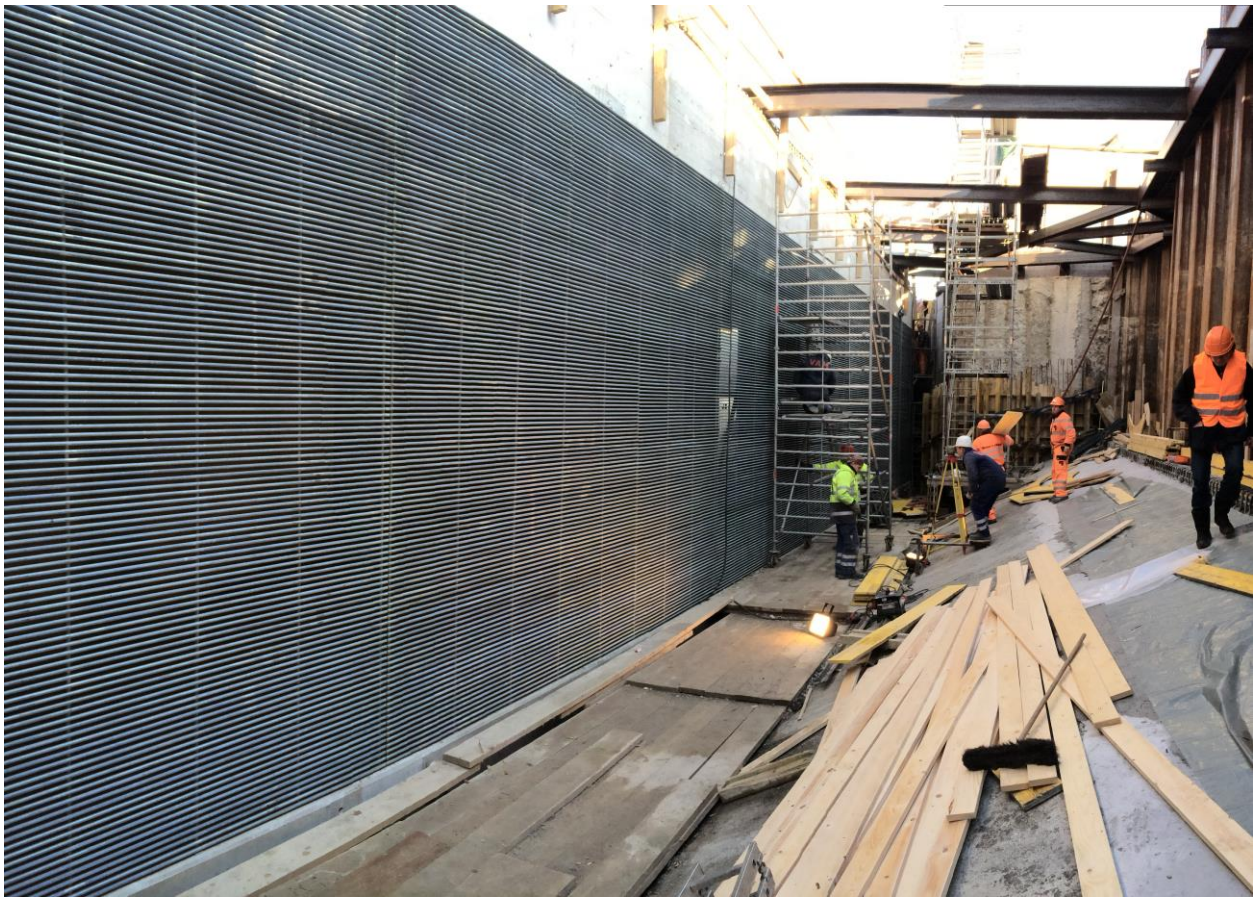

Abb. 3.5 Horizontalrechen während der Bauphase. Im Hintergrund ist der Einlauf in den Bypass zu erkennen, die Aalschwelle ist mit Brettern überdeckt.

Nach den ersten Betriebserfahrungen zeigte sich, dass sich Sedimente im Bereich vor dem Horizontalrechen ablagern (v.a. im oberen Bereich, wo die Fliessgeschwindigkeiten klein sind) und den Betrieb der Anlage stören. Zur Verhinderung von Auflandungen im Bereich vor dem Rechen wurde in Rücksprache mit den Behörden eine Spülrinne installiert (System HSR), über welche Sedimente bei erhöhter Trübung resp. beginnenden Auflandungen ins Unterwasser gespült werden können. Die Spülrinne ist in Form einer Halbschale ausgestaltet, so dass die Sohlleitwand für bodennah wandernde Fische nach wie vor zur Verfügung steht (vgl. Abb. 3.6).

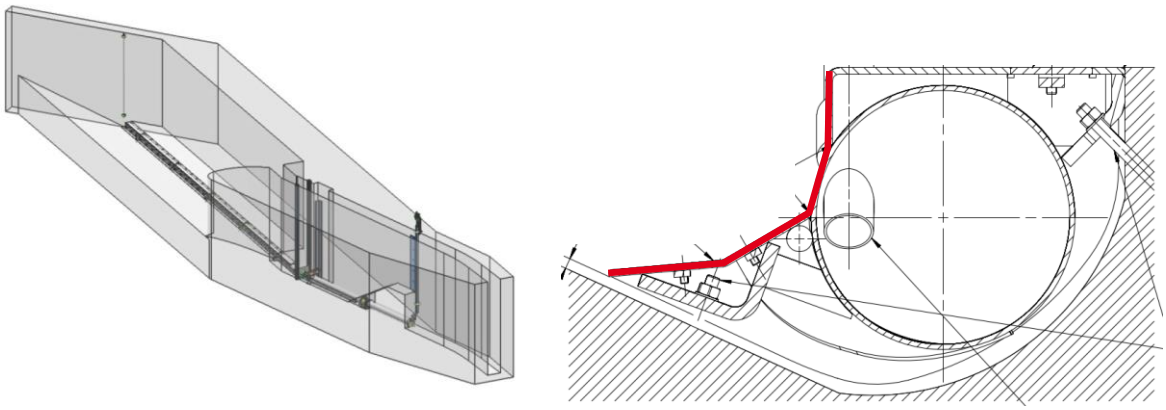

Abb. 3.6 Spülrinne vor dem Horizontalrechen des DKW. Links: 3D-Modell der Spülrinne, rechts: Schnitt durch die Spülrinne im Bereich vor dem Horizontalrechen mit Halbschalengeometrie (rot; die ursprünglich betonierte Halbschale ist schraffiert dargestellt).

Axpo - Internal

Die Horizontalrechenanlage wird mit einer fahrbaren Rechenreinigungsmaschine (RRM) gereinigt (vgl. Abb. 3.7). Die Rechenreinigung erfolgt in Fliessrichtung zum Fischabstieg hin und wird nach Überschreiten einer definierten Pegeldifferenz am Rechen ausgelöst. Die RRM schiebt das Rechengut entlang des Rechens in Richtung Bypass. Mit dem kurzeitigen Öffnen der Spülklappe am Ende des Reinigungsvorgangs werden Laub, Teile von Wasserpflanzen und Schwemmholz als Treibgut über den Bypass abgeleitet und verbleiben als wichtige Bestandteile des Ökosystems im Gewässer. Für den Rückweg in die Parkposition der RRM wird der Reiniger von den Rechenstäben weggekippt. Grosses Treibgut kann mit einem Schwemmholzkran entnommen und entsorgt werden. Zudem wurde eine Tauchwand eingebaut, um oberflächig angeschwemmtes Material den Bypass hinabführen zu können. Die Wasserspiegelschwankung vor dem Horizontalrechen beträgt über das gesamte Kalenderjahr aber rund 1.8 m, sodass die Tauchwand teilweise nicht eingetaucht ist.

Abb. 3.7 Links: Luftaufnahme des DKW, gut zu erkennen ist der rote Schwemmholzkran der RRM. Rechts: Blick entlang des Horizontalrechens, links zu erkennen ist der Reinigungsarm der RRM.

4. Konzept und Fragestellungen der Wirkungskontrolle

Das ursprünglich vorgesehene Konzept für die Durchführung der Wirkungskontrolle am Kraftwerk Rüchlig wurde am 2. September 2014 gemeinsam mit dem ergänzten, präzisierten Entschädigungsgesuch eingereicht [3]. Es sah vor, absteigende Fische mit Hilfe einer Hamenreuse, welche im Bypass platziert wird, einzufangen. Die gefangenen Fische werden nach Art und Grösse bestimmt und auf Verletzungen hin untersucht. Die Untersuchungen sollten während 5 Tagen über jeweils 24h im Frühjahr, Sommer und Herbst durchgeführt werden. Neben diesen Hauptuntersuchungen waren auch spezifische Untersuchungen der Fangquote und der Verletzung durch das Netz vorgesehen.

Aufgrund der Erfahrung bei der Wirkungskontrolle für den Fischabstieg beim Kraftwerk Stroppel der Axpo Kleinwasserkraft AG [2], musste das Konzept für die Wirkungskontrolle des Fischabstiegs beim Kraftwerk Rüchlig angepasst werden. Beim Kraftwerk Stroppel hatte sich gezeigt, dass fix angesetzte und lange Untersuchungsblöcke nicht zielführend waren, da die Abwärtswanderung nicht immer in gleicher Intensität stattfindet und in gewissen Jahreszeiten während den langen Untersuchungsblöcken nur wenige Fische im Hamen vorgefunden wurden. Um die Untersuchungen effizienter, ressourcensparender und aussagekräftiger zu gestalten, wurden daraufhin beim Kraftwerk Rüchlig viele kurze Stichproben in der Abenddämmerung durchgeführt. Damit war es möglich, die allgemeine Wanderaktivität der Fische vorgängig abzuschätzen und entsprechend längere Untersuchungen durchzuführen oder abzusagen. Im Schreiben vom 8. März 2017 informierte die Axpo das Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau über das geänderte Konzept zur Wirkungskontrolle für den Fischabstieg beim Kraftwerk Rüchlig auf Basis der Erfahrungen beim Kraftwerk Stroppel.

Mit dem angepassten Konzept wurde der Fokus auf einen grösseren Untersuchungszeitraum gelegt, wobei die Dauer der langen Untersuchungsblöcke selbst kürzer ausfielen. Hinsichtlich Fang der Fische mit Hamenreuse und Datenerhebung hat sich nichts geändert.

Axpo - Internal

Das Hauptziel der Wirkungskontrolle bestand darin, die Funktionalität der Fischabstiegsanlage beim DKW des Kraftwerks Rüchlig zu überprüfen. Folgende Fragestellungen standen im Fokus:

- Wie viele Fische werden bei den Abstiegskontrollen beim DKW erfasst?
- Welche Arten werden bei den Abstiegskontrollen beim DKW erfasst?
- Welche Stadien werden bei den Abstiegskontrollen beim DKW erfasst?
- Wie verhalten sich Fische vor dem Rechen?
- Gelangen absteigende Fische verletzungsfrei ins Unterwasser?

Da es sich bei der Schutz- und Abstiegsanlage des DKW des Kraftwerks Rüchlig um ein Pilotprojekt handelt und zudem bezüglich Fischabstieg an grösseren Fliessgewässern mit gemischtem Fischbestand grosse Wissenslücken vorhanden sind, war es Ziel dieser Untersuchungen, neben der Überprüfung der Funktionalität der untersuchten Anlage möglichst viele Informationen über den Fischabstieg in der Aare sowie über die Methodik von Fischabstiegskontrollen zu erhalten. Dabei ging es nicht um Grundlagenforschung, sondern solche Resultate sollen es erlauben, künftige Schutz- und Abstiegsanlagen zu optimieren und Wirkungskontrollen möglichst gezielt durchführen zu können. Daraus ergibt sich folgende zusätzliche Frage:

- Wodurch wird Fischwanderung ausgelöst resp. wann findet Fischabwanderung statt?

Die Frage, ob die Fische vor dem Durchgang durch die Turbine geschützt werden, kann mit reinen Fischzählungen nicht beantwortet werden. Auch war gemäss dem Konzept nie vorgesehen, mittels Video, Sonar und Hamenfängen im Abstrom der Turbine dieser Frage gezielt nachzugehen. Um dieser Frage nachzugehen, wären deutlich grössere Investitionen notwendig gewesen, welche nicht vorgesehen waren. Trotzdem wurden vor dem Rechen Sonaruntersuchungen durchgeführt, zumal die Axpo im Besitz eines ARIS-Sonars ist. Damit konnte zumindest ein Anhaltspunkt zum Verhalten der Fische vor dem Rechen erhalten werden. Spannend wäre es auch gewesen, analog wie bei der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel das Sonar hinter dem Rechen einzusetzen, um abschätzen zu können, ob die Fische den Rechen am Kraftwerk Rüchlig passieren. Dies war jedoch aufgrund der baulichen Gegebenheiten ohne verhältnismässigen Aufwand nicht möglich.

5. Beschreibung der Einrichtungen für die Wirkungskontrolle Fischabstieg

5.1 Zählungen mittels Hamen

Während der Planung der Fischabstiegsanlage sind bereits erste Überlegungen für die Durchführung der Wirkungskontrolle eingeflossen. Im Wissen, dass für die Durchführung der Wirkungskontrolle am Ende des Bypasskanals ein Hamen eingesetzt werden musste, wurde z.B. noch in der Projektierungsphase abgeklärt, wie der Hamen gesetzt und dann auch wieder geleert werden konnte.

Aus dieser interdisziplinären engen Zusammenarbeit zwischen Bauingenieuren und Biologen ging z.B. eine Plattform aus Beton hervor, welche am Ende des Bypasskanals ansetzte. Diese Plattform war unumgänglich, um während der Wirkungskontrolle die Hamenreuse zu heben und die Zählungen durchzuführen. Für die sichere Zugänglichkeit zur Plattform wurde eine Leiter installiert (vgl. Abb. 5.8 und Abb. 5.9).

Axpo - Internal

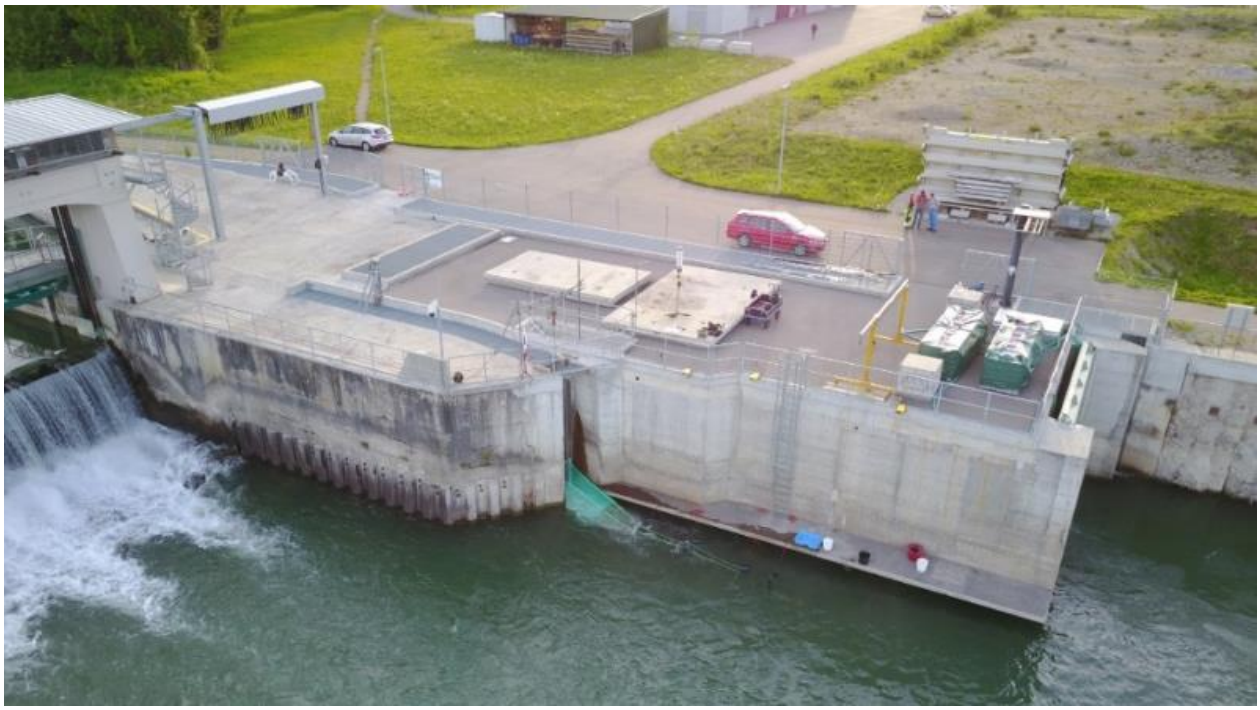

Abb. 5.8 Betonplattform an Ende des Bypasskanals für die Durchführung der Wirkungskontrolle.

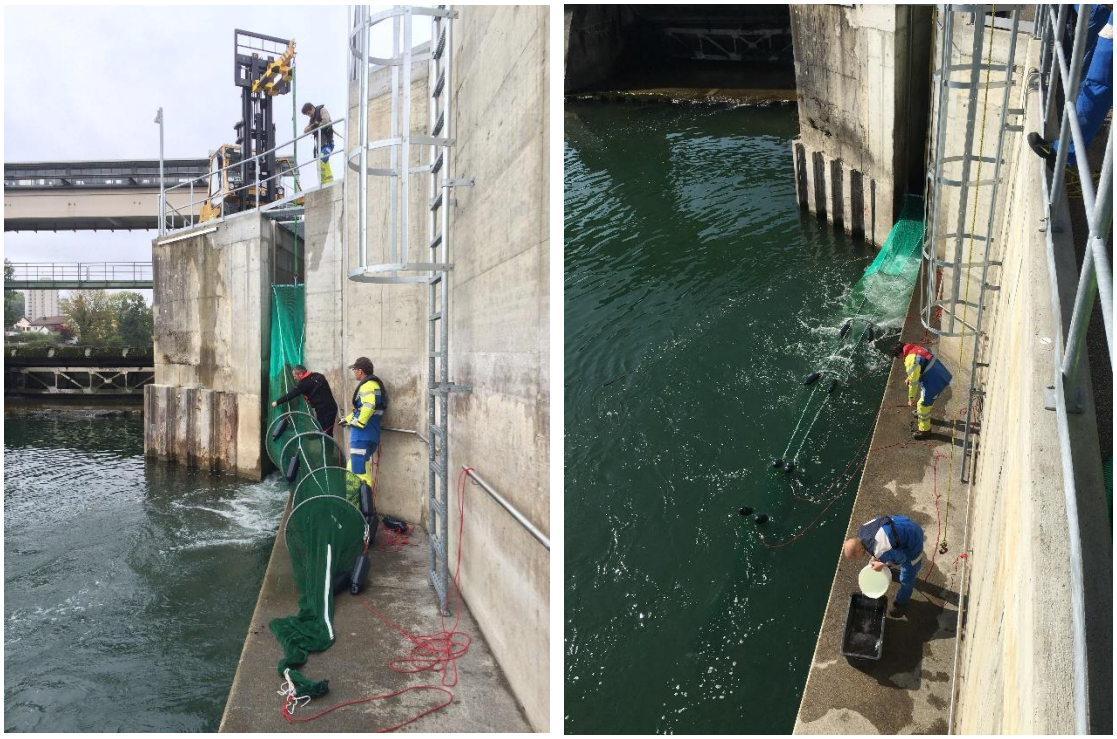

Abb. 5.9 Links: Technische Funktionskontrolle am 6. Oktober 2015: Setzen des Hamens, Arbeitsplattform und Leiter ersichtlich. Rechts: Probebetrieb für die Zählungen am 29. März 2017.

Für das Setzen des Hamens wurde die unterwasserseitige Dammbalkennut im Bypasskanal so konzipiert, dass sie auch für das Setzen des Hamens verwendet werden konnte. Der Rahmen, an welchem der Hamen befestigt wird, wurde entsprechend so dimensioniert, dass er mit einem Gabelstapler (Testbetrieb) resp. mit einem Motor an einem Gerüst (Zählbetrieb) in die Dammbalkennut heruntergelassen und wieder angehoben werden konnte (vgl. Abb. 5.10).

Axpo - Internal

Abb. 5.10 Links: Setzen des Hamens mittels Gabelstapler. Rechts: Hamen in der Dammbalkennut im Bypass eingesetzt.

Um das Design des Hamens zu konzipieren, nahm Axpo mit dem Fischbiologen Gunthram Ebel Kontakt auf, da er bereits umfangreiche Erfahrungen im Fang von Fischen mit Hamen hatte. Schliesslich wurde der Hamen nach dem vereinbarten Design konstruiert (vgl. Abb. 5.11):

- Gesamtlänge Netzreuse: 10.5 m
- Öffnung: 3.0 x 1.0 m anschliessende Verjüngung bis Steertreuse mit Durchmesser 0.7 m
- Maschenweiten Hamen (Material, Länge des Abschnitts): 25 mm (PE, Länge 2.0 m), 20 mm (PA, Länge 1.5 m), 15 mm (PA, Länge 1.5 m), 10 mm (PA, Länge 2.0 m mit Reisverschluss)
- Maschenweite Steertreuse (Material, Länge des Abschnitts): 8 mm (PA knotenlos, Länge inkl. Reuse 3.5 m mit Reisverschluss und Öffnung am Ende)
- Fixierung an der Plattform mittels 4 Seilen
- Bojen zum Heben der Netzreuse

Abb. 5.11 Links: Hamenreuse, rot ist die sogenannte Steertreuse dargestellt (der Bereich wo die Fische schlussendlich hingelangen und entnommen werden). Rechts: Befestigung der Hamenreuse am Stahlrahmen.

5.2 Hälterung

Ursprünglich war vorgesehen, abgestiegene und optisch verletzte Fische über längere Zeit zwischenzuhältern, um allfällig zeitverzögerte Auswirkungen nachvollziehen zu können. Dazu wurden insgesamt acht Hälterungsbecken à 1'000 l auf dem DKW aufgestellt, welche direkt mit Aarewasser gespiesen wurden (vgl. Abb. 5.12). Diese Hälterungsbecken wurden bereits bei der Wirkungskontrolle zum Fischabstieg am Kraftwerk Stroppel verwendet.

Schlussendlich war es nicht notwendig, die Hälterungsbecken in Betrieb zu nehmen, da optisch keine direkten durch den Fischabstieg verursachten Verletzungen, wie sie am Kraftwerk Stroppel auftraten, festgestellt wurden.

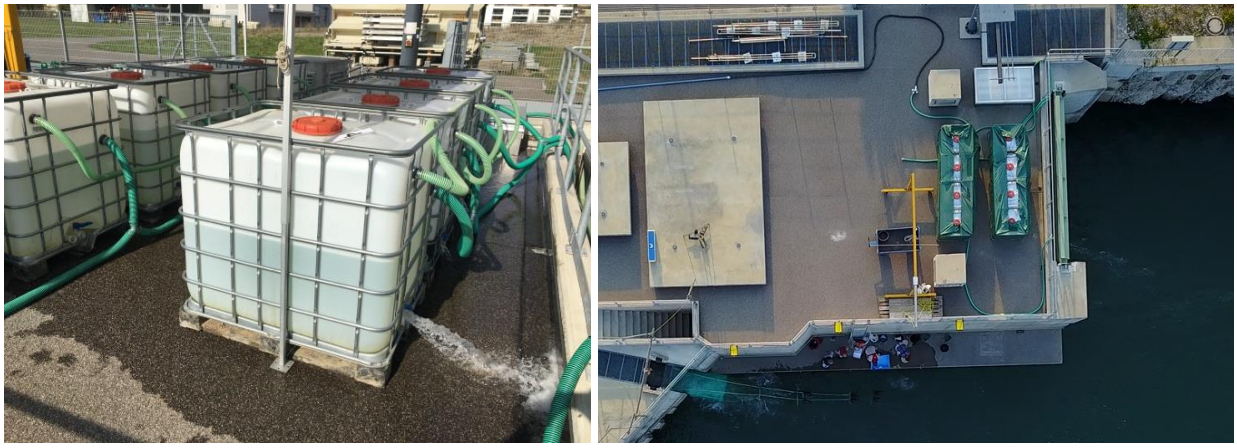

Abb. 5.12 Hälterungstanks auf dem DKW. Rechts: Verdunkelung der Tanks mittels Blachen.

5.3 Sonar ARIS 3000

Als Ergänzung zu den Untersuchungen der Fischabwärtswanderung mittels der Hamenzählungen wurden vor dem Rechen zusätzliche Beobachtungen mittels des Sonars vom Typ ARIS Explorer 3000 (Aris-Sonar) durchgeführt. Dieses Gerät liefert hochauflösende Bilder in Echtzeit. Aufgrund der hohen räumlichen Auflösung und der Bildrate von ≥ 4 Bilder/s eignet sich das Aris-Sonar ideal um Fische und deren Verhalten zu beobachten. Die Funktionsweise ist in Abb. 5.13 grob beschrieben.

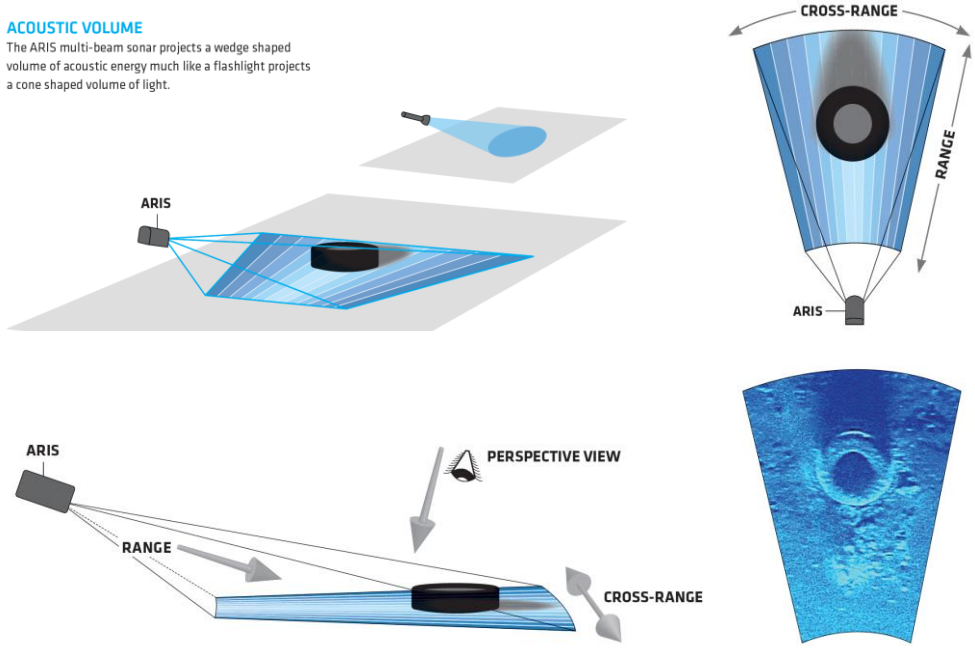

Abb. 5.13 Schematische Darstellung der Funktionsweise des Sonars (Abbildung aus [5]).

Axpo - Internal

6. Methoden für die Wirkungskontrolle

6.1 Abstiegskontrollen mittels Hamenreuse

6.1.1 Methoden- und Abstiegsversuche vor der Wirkungskontrolle

Bei methodenbedingten Abstiegsversuchen geht es grundsätzlich darum zu testen, ob die Fanggeräte wie vorgesehen funktionieren und ob sich Fische bei der Bypasspassage und dem anschliessenden Fang mittels Hamenreuse verletzen.

Bei Hamenversuchen werden Fische direkt in den Hamen eingegeben und während vorgängig definierter, unterschiedlich langer Zeitspanne im Netz belassen. Mittels dieser Untersuchungen kann beobachtet werden, ob allfällige methodenbedingte Verletzungen entstehen und ob das Fanggerät dementsprechend optimiert werden kann. Zudem kann man die Leerungsfrequenz der Netzreuse ermitteln, um methodenbedingte Verletzungen zu minimieren.

Aufgrund der gemachten Erfahrungen bei der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel [2], wurden am Kraftwerk Rüchlig keine Untersuchungen zu methodenbedingten Verletzungen durchgeführt. Grund dafür war, dass der Hamen beim Kraftwerk Stroppel in Anlehnung an diesen vom Kraftwerk Rüchlig gebaut wurde. D.h., dass die Dimensionen und das Netzmaterial des Hamens praktisch identisch waren. Entsprechend musste auch beim Kraftwerk Rüchlig davon ausgegangen werden, dass die Fische mit sensiblen Schuppenkleidern während des Fangs und während der Auszählung an Schuppenverlusten leiden. Dies hat sich während der Durchführung der Wirkungskontrolle bestätigt. Auch wurde während der Durchführung festgestellt, dass sich die Fische im Bypass selber nicht verletzen. Es wurden praktisch keine typischen, auf Kollisionen zurückzuführende Verletzungen wie Hämatome, Blutungen in den Flossenstrahlen oder Wirbelsäulenbrüche festgestellt.

Die technische Wirkungskontrolle fand bereits am 9. Oktober 2015 statt, an welcher innert kürzester Zeit der Hamen plangemäss eingesetzt und die vorgesehenen Manipulationen (Leerung, Hebung etc.) getestet werden konnten. Diese zeitlich kurze technische Kontrolle ist darauf zurückzuführen, dass die Detailplanung der Wirkungskontrolle bereits vor dem Bau der Fischabstiegsanlage erfolgte.

6.1.2 Handhabung und Leerung des Hamens

Aus der Erfahrung bei der Durchführung der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel ging hervor, dass der Hamen spätestens alle 30 Minuten zu leeren war, damit methodenbedingte Verletzungen der Fische – insbesondere Schuppenverluste – reduziert oder ausgeschlossen werden konnten. Für die Entleerung wurde der Inhalt des Hamens durch die Öffnung am Ende in eine mit Wasser gefüllte Wanne geleert, aus welcher dann die Fische aussortiert, bestimmt und gezählt wurden. In der Mitte des Hamens verbliebene Fische wurden über eingebaute Reissverschlüsse entnommen.

In Abhängigkeit des Geschwemmselanfalls musste der Hamen regelmässig gesäubert werden. Der Hamen wurde dabei manuell über die Reissverschlüsse oder mittels Durchspülen bei geöffneter Reuse gereinigt. Bei viel Geschwemmsel musste der Hamen periodisch von Hand gehoben und an Land von Geschwemmsel befreit werden. Musste während den Zählungen der Rechen gereinigt werden, wurde die Hamenreuse aus dem Wasser gehoben und die Spülung erfolgte ohne eingesetzten Hamen. Prinzipiell wäre es interessant, mit eingesetztem Hamen die Rechenreinigung durchzuführen, da man weitere Erkenntnisse gewinnen könnte (Fische im Bypass, verletzte Fische vor dem Rechen etc.). Das Risiko, dass der eingesetzte Hamen durch gröberes Geschwemmsel und den stark erhöhten Abfluss bei der Spülung von bis zu 10 m^3/s beschädigt wird, war aber zu gross.

Da die Untersuchungen auch nachts stattfanden, wurde die Arbeitsfläche unterhalb des Bypasses entsprechend beleuchtet. Die Hamenleerungen wurden von mindestens zwei Personen durchgeführt, während eine Person diese Arbeiten aus Sicherheitsgründen vom Land aus überwachte.

Die nachfolgenden Abb. 6.14 bis Abb. 6.16 geben einige Impressionen der Untersuchungen des Fischabstiegs beim Kraftwerk Rüchlig.

Axpo - Internal

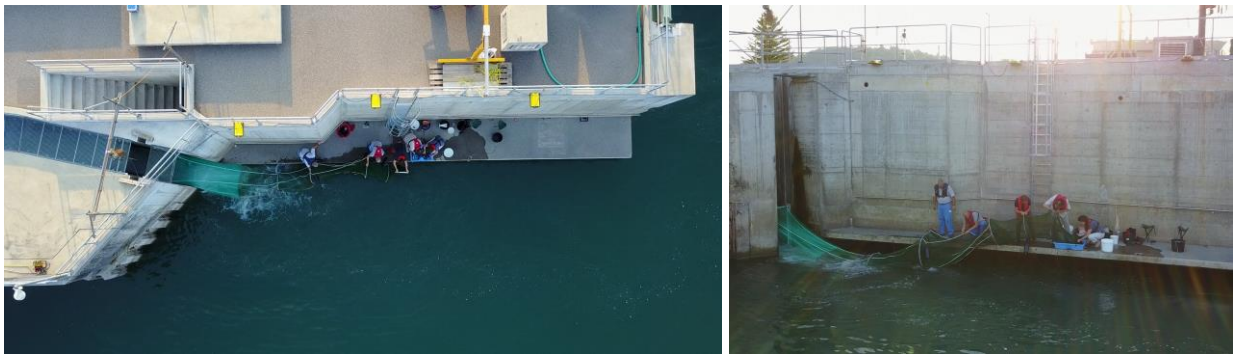

Abb. 6.14 **Impressionen der Zählungen resp. der Entleerung des Hamens. Es kam oft vor, dass einige Fische nicht bis ganz ans Ende des Hamens gelangen, diese mussten via Reissverschluss entnommen werden.**

Abb. 6.15 **Links: Arbeiten bei Nacht resp. Dunkelheit sind bei Fischabstiegszählungen normal. Es wurde dabei darauf geachtet, dass im Oberwasser nahe des Rechens resp. Einstiegs in den Bypass keine Lichtquellen waren, welche das Verhalten der Fische störten konnte. Rechts: Das Ende der Steertreuse konnte mit einem einfachen Mechanismus geöffnet werden, Fische aber auch Geschwemmsel wurden daraufhin in ein Wasserbecken gegeben.**

Abb. 6.16 **Dokumentation der abgestiegenen Fische. Neben der Art und einer groben Grösseneinteilung wurden auch weitere Eigenschaften, wie Verletzungen, Krankheiten etc. dokumentiert.**

6.1.3 Kriterien für die Wahl des Zeitpunktes der Untersuchungsblöcke

Da die Abstiegskontrollen mittels Hamenreuse nicht täglich stattfinden konnten, wurden – gestützt auf die Erfahrungen und Resultate der Abstiegskontrollen beim Kraftwerk Stroppel – von April bis November geeignete Untersuchungsfenster festgelegt.

Nebst den zufällig ausgewählten Zeitfenstern mit vorgängiger Prognose der Abstiegsintensität aufgrund der aktuellen Abfluss- und Grosswetterverhältnisse, wurde ein Teil der Abstiegskontrollen bewusst dann durchgeführt, wenn viel Fischabstieg prognostiziert und eine der folgenden Gegebenheiten eintraf:

- Mondphase: Voll- und Leermond
- Ansteigender Abfluss im Zusammenhang mit erwarteter leichter Trübung und windig-regnerischem Wetter

Die längeren Untersuchungsblöcke wurden dann durchgeführt, wenn die unmittelbar vorher durchgeführte Stichprobe eine grosse Abstiegsaktivität zeigte. So konnten die umfangreichen Ressourcen (personal- und zeitintensiv) ideal genutzt werden. Es war aber auch eine grosse Herausforderung, innert 24 Stunden genügend Personalressourcen für die Durchführung grösserer Blöcke zu organisieren.

Bei grösserem Wehrüberfall resp. Hochwasser fanden keine Untersuchungen statt, da die Fische zusätzlich via das Wehr absteigen konnten und die Arbeitsplattform unter Wasser stand.

6.1.4 Durchgeführte Abstiegskontrolle

Vom 4. April 2017 bis 27. November 2017 wurden beim DKW Rüchlig insgesamt 17 Abstiegskontrollen mittels Hamenreuse durchgeführt (vgl. Tab. 6.1). Mit Ausnahme einer Morgenzählung, starteten die Untersuchungsblöcke jeweils am späteren Nachmittag. Es fanden 15 Kontrollblöcke von kürzerer Dauer (3.0 bis 7.5 Stunden) sowie zwei längere von 16.5 bis 22.5 Stunden statt, insgesamt fanden Abstiegskontrollen während rund 109.5 Stunden statt. Letztere Mitte und Ende Oktober. Ausser an vier Untersuchungstagen mit wenig Wehrüberfall war bei den restlichen Abstiegsversuchen kein Wehrüberfall vorhanden.

Monat	Tag	Uhrzeit		Dauer	n Stichproben	Q Aare [m³/s]	T Aare [°C]	Trübung	Wetter
		Beginn	Ende						
April	**20.**	15:45	22:20	06:25	10	156	11.3	klar	schön
Mai	**10.**	18:05	23:30	05:25	9	390	11.8	klar	schön
Juni	**21.**	18:30	23:30	04:15	10	300	20.4	klar	schön
	26.	19:25	23:30	04:01	7	299	22.3	klar	wechselhaft mit Regen
August	**15.**	18:55	22:30	03:30	7	335	20.5	schwach	wechselhaft mit Regen
	17.	18:50	23:00	04:12	8	295	21.2	schwach	schön
September	**04.**	18:20	23:00	04:42	9	303	18.4	schwach	leichter Regen
Oktober	**03.**	18:00	22:15	04:05	9	161	16.5	klar	schön
	10.	17:15	21:55	04:08	13	234	15.4	klar	schön
	12.-13.	17:45	10:25	16:14	38	184	15.5	klar	leicht bewölkt
	23.	17:35	22:05	04:05	11	137	14.4	schwach	leichter Regen
	30.-31.	11:55	11:45	22:18	46	123	12.4	klar	schön
November	**05.**	16:10	20:40	02:54	9	140	12.3	schwach	leichter Regen
	14.	15:20	21:40	05:28	23	273	9.5	stark	leicht bewölkt
	16.	15:15	22:50	07:22	32	267	9.1	mittel	bewölkt
	23.	15:45	21:00	05:01	25	201	8.8	klar	leicht bewölkt
	27.	15:55	21:25	05:29	15	176	8.3	schwach	bewölkt

Tab. 6.1 Untersuchungsblöcke Fischabstieg DKW Rüchlig 2017. Angegeben sind Datum, Beginn und Ende, Dauer (effektive Zeit) und Anzahl Hamenentleerungen, sowie die während der Beprobung vorherrschenden Umweltbedingungen (Q = Abfluss, T = Wassertemperatur; Tagesmittelwerte BAFU Messstation Brugg). Die längeren Untersuchungsblöcke sind dunkelgrau gekennzeichnet.

Axpo - Internal

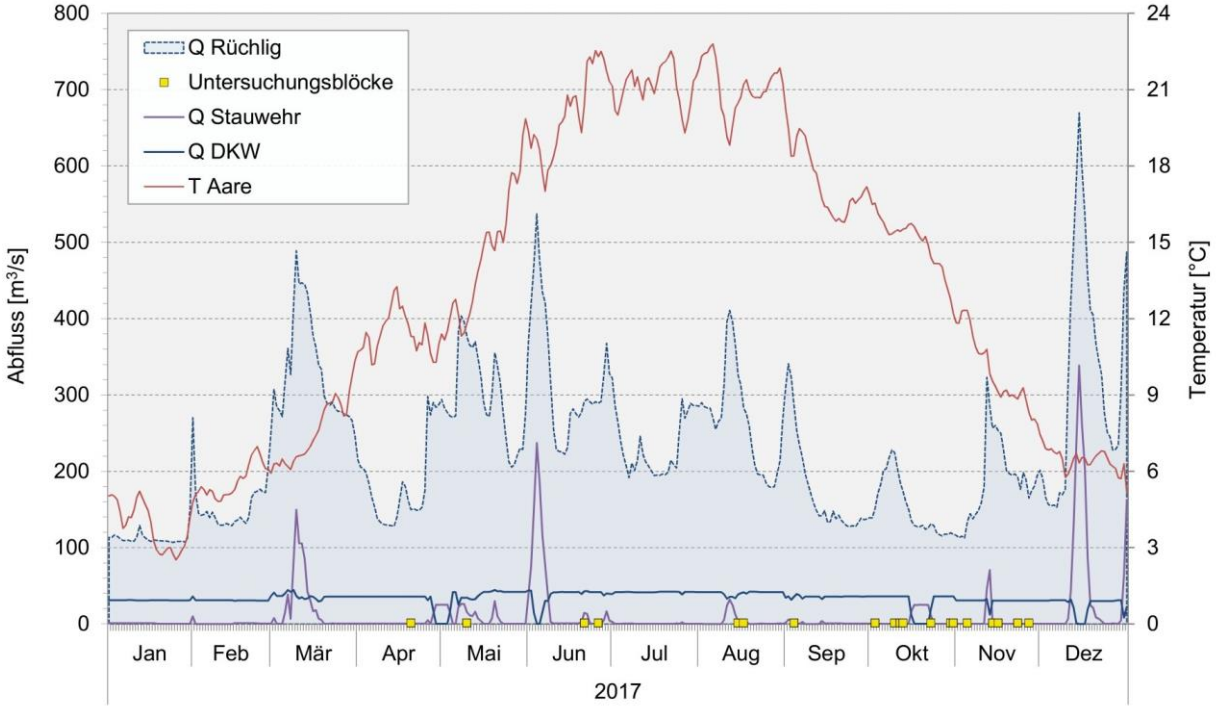

Abb. 6.17 Abfluss- (KW Rüchlig) und Temperaturganglinie (BAFU, Brugg) der Aare 2017 (Tagesmittelwerte) sowie Zeitpunkte der Abstiegskontrollen.

6.1.5 Arbeitsschritte

Bei allen Abstiegskontrollen wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Leeren des Hamens alle 30 Minuten (bei Massenabstieg in kürzeren Zeitabständen)
- Artbestimmung
- Einteilen in folgende Grössenklassen: < 10 cm, 10.1-20 cm, 20.1-30 cm, > 30 cm
- Untersuchung nach allfälligen Verletzungen, Krankheiten etc.

Bei Massenabstiegen mit grossem Geschwemmselaufkommen wurden absteigende Fische so schnell wie möglich in weitere Kübel überführt (vgl. Abb. 6.18). Die Kübel mit den Fischen wurden vor der Entleerung fotografiert, so dass die ungefähre Anzahl Fische später durch Nachzählen am Bildschirm ermittelt werden konnte.

Das Team setzte sich aus Mitarbeiter des Büro WFN, Umweltfachleuten der Abteilung Wasser, Bau & Umwelt der Axpo, sowie dem Betriebspersonal des Kraftwerks Rüchlig zusammen. Bei den Stichproben waren rund 3-4 Personen im Einsatz. Bei längeren Untersuchungsblöcken wurde in zwei Schichten à 3-4 Personen gearbeitet.

Axpo - Internal

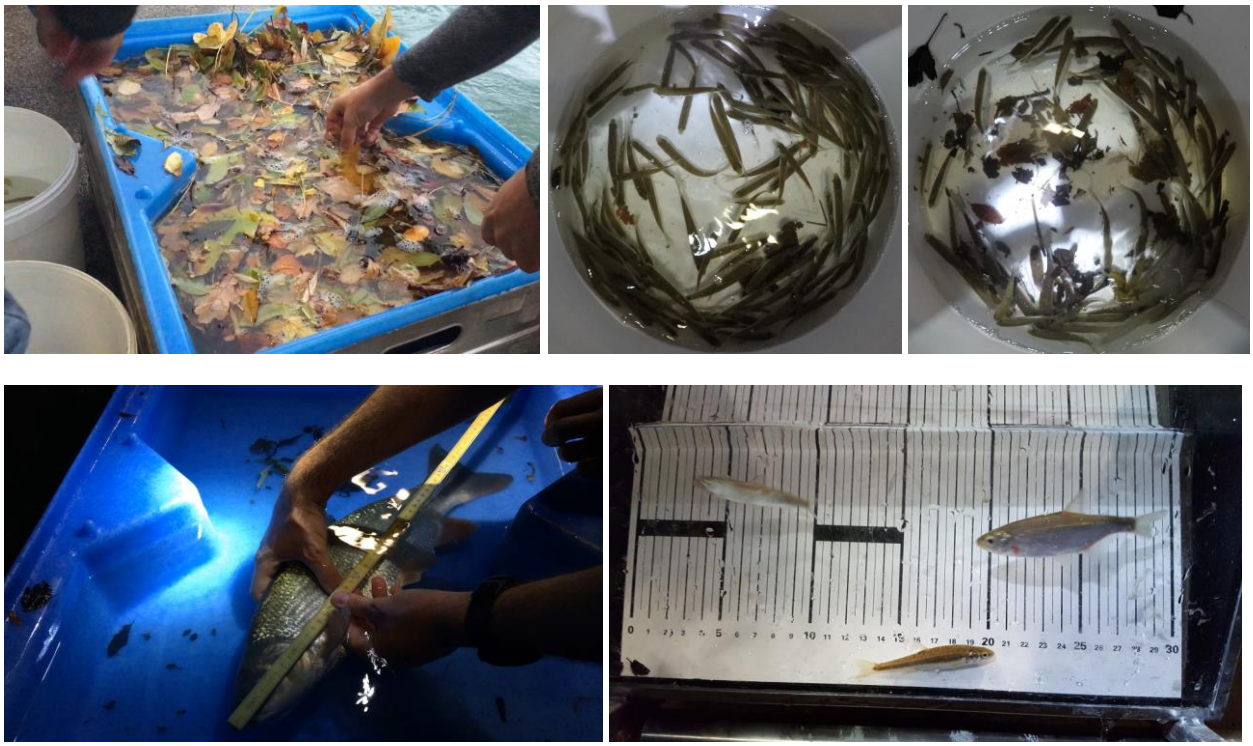

Abb. 6.18 Oben: Bei Massenabstiegen mit grossem Geschwemmselanfall musste zum Wohle der Fische schnell gehandelt werden. Fische konnten zwischenzeitlich nur noch fotografiert und anschliessend am Bildschirm ausgezählt werden. Unten: Vermessung einer grösseren Nase (links), Fische im Schauglas (rechts).

6.2 Aris-Sonar

Das Sonar wurde beim Kraftwerk Rüchlig am 23. Oktober 2017 vom Boot aus eingesetzt, während gleichzeitig im Unterwasser mit dem Hamen die absteigenden Fische gefangen wurden. Ziel war es, zusätzliche und insbesondere grossräumigere Aufnahmen zu erhalten, um das Verhalten der Fische beim Anschwimmen des Leitrechens und der Nutzung des Bypasses besser verstehen zu können.

Der Zeitpunkt vom 23. Oktober 2019 wurde auf Grundlage der beim Kraftwerk Stroppel gemachten Erfahrungen in der Abenddämmerung gewählt. D.h., dass am 23. Oktober 2019 aufgrund der Wetterlage und des Abflusses in der Aare viel Abstieg in der Abenddämmerung stattfinden sollte. Die Sonar-Untersuchungen wurden aus diesem Grund um 16:00 Uhr begonnen, die letzten Untersuchungen wurden um 21.50 Uhr durchgeführt.

Die Orientierung des Aris-Sonar konnte auf dem Boot manuell eingestellt werden, womit nach Belieben vor dem Rechen die Fischbewegungen untersucht werden konnten. Die Bilder wurden später als bewegte Bilder analog einem Video visualisiert und interpretiert.

Axpo - Internal

7. Resultate und Interpretationen

7.1 Anzahl absteigende Fische und Abstiegsraten

7.1.1 Resultate

Im Rahmen der 17 Abstiegskontrollen im Jahr 2017 beim DKW Rüchlig wurde der Hamen insgesamt 280 Mal gesenkt und wieder gehoben (= Anzahl Stichproben) und war aufkummuliert rund 109.5 Stunden im Wasser. Mit diesem Beprobungsaufwand konnten total 17‘097 abwandernde Fische erfasst werden.

Die mit Abstand grössten relativen Abstiegsraten wurden am 14. November 2017 und 16. November 2017 verzeichnet (vgl. Abb. 7.19). Während diesen beiden Tagen passierten über 12‘000 Fische den By-pass. Mit rund 1‘280 respektive 700 Fischen pro Stunde lag die relative Abstiegsrate um ein Vielfaches höher als bei den restlichen Abstiegskontrollen. Im Durchschnitt betrug die relative Abstiegsrate rund 150 Fische pro Stunde respektive 60 Fische pro Stichprobe. Insgesamt 28 Mal wurde der Hamen gehoben, ohne dass Fische erfasst werden konnten.

Von Anfang April bis Ende Juni wurden nur sehr wenige abwandernde Fische festgestellt. Bei den Kontrollen im August wurden zwischenzeitlich etwas mehr Fische registriert, im September 2017 wiederum sehr wenig. Die Abstiegskontrollen vom 6. September 2017 wurden als einzige am Morgen durchgeführt. Dabei konnten keine abwärtswandernden Fische festgestellt werden. Ab dem 10. Oktober 2017 nahm die Wanderaktivität flussabwärts wieder zu. Bei den beiden grossen Untersuchungsblöcken im Oktober 2017 (12./13. & 30./31.) waren die relativen Abstiegsraten deutlich tiefer wie bei den kürzeren Stichproben im selben Zeitraum. Vor und nach den grossen Abwanderungszahlen vom 14. November 2017 und 16. November 2017 war die Anzahl absteigender Fische wiederum relativ klein.

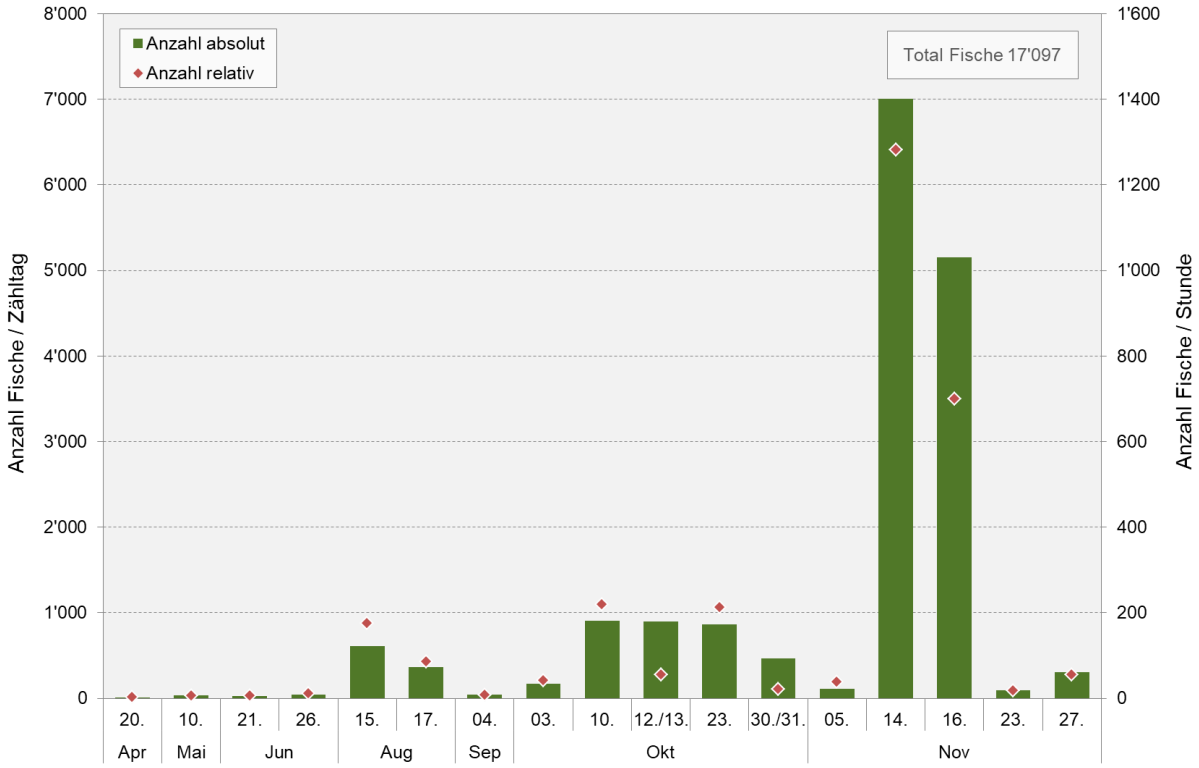

Abb. 7.19 Anzahl erfasste Fische absolut (grüne Säulen) und relativ pro Stunde (rote Vierecke) während der einzelnen Abstiegskontrollen im 2017.

Axpo - Internal

7.1.2 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Um die Anzahl der bei den Abstiegskontrollen erfassten Fische einordnen zu können, wurden zum Vergleich Daten von Abstiegskontrollen bei drei vergleichbaren Anlagen in Deutschland und einer aus der Schweiz herangezogen (vgl. Tab. 7.2). Im Vergleich zu diesen vier Anlagen war die Zahl abgewanderter Fische beim Kraftwerk Rüchlig relativ hoch. Da jedoch die Untersuchungsdesigns bei allen Anlagen unterschiedlich waren und bei den Anlagen in Deutschland zudem keine relativen Zahlen publiziert sind, können die Abstiegsraten nur schwer miteinander verglichen werden. Wir diskutieren die Resultate des Kraftwerks Rüchlig deshalb primär mit den Zahlen des Fischabstiegs beim Kraftwerk Stroppel [2], dem untersten Limmatkraftwerk kurz vor der Mündung in die Aare.

Anlage	NWM [m³/s]	Q Bypass [m³/s]	n Kontrolltage	Stichproben-Aufwand	n Fische Total	Abstiegsrate n Fische/h
KW Halle-Planena, Saale	50	1.0	25 (Frühjahr) 2 (Herbst)	?	2'072	
KW Rothenburg, Saale	68	1.45	14 (Frühjahr) 20 (Herbst)	?	7'657	
KW Raguhn, Mulde	88	1.0	28 (Frühjahr) 2 (Herbst)	?	1'176	
KWK Stroppel, Limmat	33	0.69	3 (Frühjahr) 6 (Sommer) 15 (Herbst)	304.75 Stunden	11'348	37.2
DKW Rüchlig, Aarau	**40**	**0.6-1.0**	**3 (Frühjahr) 4 (Sommer) 10 (Herbst)**	**109.5 Stunden**	**17'097**	**156.0**

Tab. 7.2 Vergleich der Abstiegszahlen mit anderen Kraftwerksanlagen mit 20 mm Horizontalrechen (NWM = Nutzwassermenge, Q = Abfluss, n = Anzahl, L = Länge). Angaben aus [1] und [2].

Im Vergleich zu den Fischabstiegszählungen beim Kraftwerk Stroppel in der Limmat in den Jahren 2015/2016 [2] mit einer durchschnittlichen Abstiegsrate von 37 Fischen pro Stunde lag diese beim DKW Rüchlig mit 158 Fischen pro Stunde höher. Dieser Wert darf nicht überbewertet werden, da für die Durchführung der Wirkungskontrolle beim DKW Rüchlig die Erfahrungen aus Stroppel bereits vorlagen und so die Untersuchungszeiten mit Massenabstiegen antizipiert werden konnten, respektive beim Kraftwerk Stroppel fanden viele «Leerläufe» statt mit sehr wenig registriertem Abstieg. Spannender ist der Vergleich der Abstiegsraten während Stichproben mit Massenabstiegen: Beim Kraftwerk Stroppel wurden am 10. November 2016 während 2.75 Stunden 1'727 Fische mit einer Abstiegsrate von 628 Fischen pro Stunde gezählt. Beim DKW Rüchlig betrug die Abstiegsrate am 14. November 2017 1'281 Fische pro Stunde (7'003 gezählte Fischen während 5 Stunden 28 Minuten) und am 16. November 2017 699 Fische pro Stunde (5'149 gezählten Fischen während 7 Stunden 22 Minuten). Da es sich bei der Aare hydrologisch um ein deutlich grösseres Gewässer handelt als bei der Limmat, sind die höheren Abstiegsraten beim DKW Rüchlig auf den ersten Blick nachvollziehbar. Allerdings wird am DKW Rüchlig nur ein kleiner Teil des Gesamtabflusses der Aare verarbeitet, weshalb vermutet werden kann, dass am Hauptkraftwerk Rüchlig zur selben Zeit auch sehr viel, oder deutlich mehr Abstieg stattgefunden hat.

7.1.3 Fazit Anzahl absteigende Fische

Im Vergleich zu den wenigen bisher durchgeführten Fischabstiegskontrollen in der Schweiz und Deutschland kann die Zahl der erfassten Fische bei den Abstiegskontrollen beim DKW Rüchlig als relativ hoch eingestuft werden.

Axpo - Internal

Die Abstiegszahlen – respektive Abstiegsraten – gilt es jedoch zu relativieren. Einerseits wurde aus methodischen Gründen während der Rechenreinigung und der anschliessenden Spülung der Hamen entfernt und somit wurden die eventuell zu diesem Zeitpunkt absteigenden Fische nicht erfasst. Andererseits ist zu erwähnen, dass über ein Jahr betrachtet nur während einer sehr kurzen Zeitdauer stichprobenweise gezählt wurde. Ausserdem fanden die Zählungen nur beim DKW statt. Der weitaus grössere Anteil des Aare-Abflusses wird über das Hauptkraftwerk geleitet. Es ist somit wahrscheinlich, dass über das ganze Jahr betrachtet nur ein kleiner Teil der am Standort Rüchlig abwärtswandernden Fische mittels der hier vorliegenden Untersuchung erfasst wurde.

7.2 Artenspektrum und relative Häufigkeit

7.2.1 Resultate

Bei den Abstiegskontrollen konnten gesamthaft 22 Fischarten erfasst werden (vgl. Abb. 7.20). Die mit Abstand häufigste Fischart war das Rotauge mit über 9‘000 gezählten Individuen. Während des Massenabstiegs vom 14. November 2017 konnten nicht alle Cypriniden einzeln bestimmt werden. Aufgrund der vorliegenden Fotodokumentation war jedoch ersichtlich, dass es sich ebenfalls mehrheitlich um Rotaugen handelte.

Die zweithäufigste Fischart war das Egli mit rund 540 Individuen. Ebenfalls relativ häufig waren Brachsmen, gefolgt von Haseln und Rotfedern mit jeweils über 100 Individuen. Alet, Schneider und Lauben waren weitere häufige Arten. Die übrigen Arten waren bei den Untersuchungen eher selten. Forellen, Groppen, Äschen und Aale wurden nur als Einzelfunde registriert. Erwähnenswert ist ausserdem der Fund von 4 juvenilen Felchen, welche vermutlich auf Besatzaktivitäten des Kantons Bern im Stau Bannwil zurückzuführen sind.

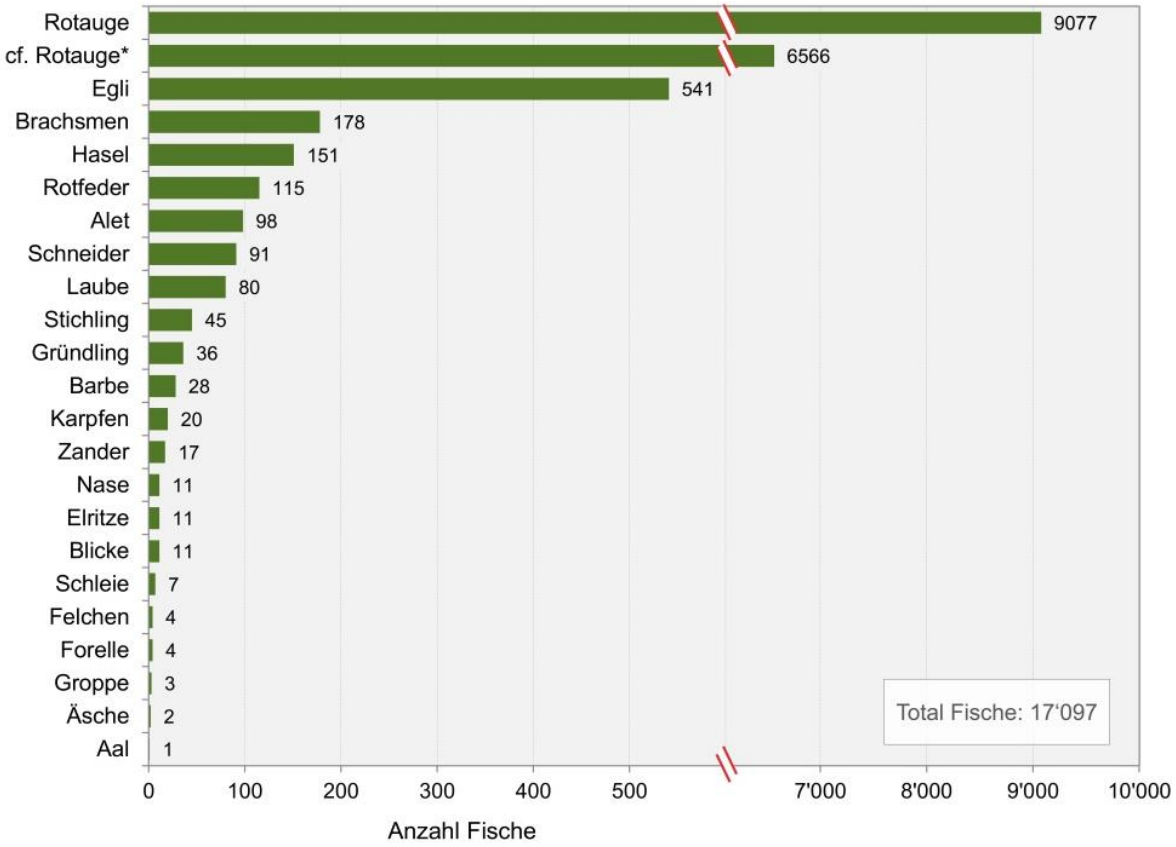

Abb. 7.20 Im Rahmen der Abstiegsuntersuchungen (Total 109.5 Stunden) mittels Hamen erfasste Fische, aufgetragen nach Häufigkeit und Fischart.
*** Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten.**

Axpo - Internal

Das Rotauge war bei den Kontrollen zwischen August und November bis auf zwei Ausnahmen jeweils die häufigste Fischart (vgl. Abb. 7.21). Am 4. September 2017 und 5. Oktober 2017 stiegen vergleichsweise wenige Rotaugen ab, was sich auch in der Gesamtzahl registrierter Fische widerspiegelt. Bei den Kontrollen zwischen April und Juni wurden einzig am 10. Mai 2017 einzelne Rotaugen erfasst.

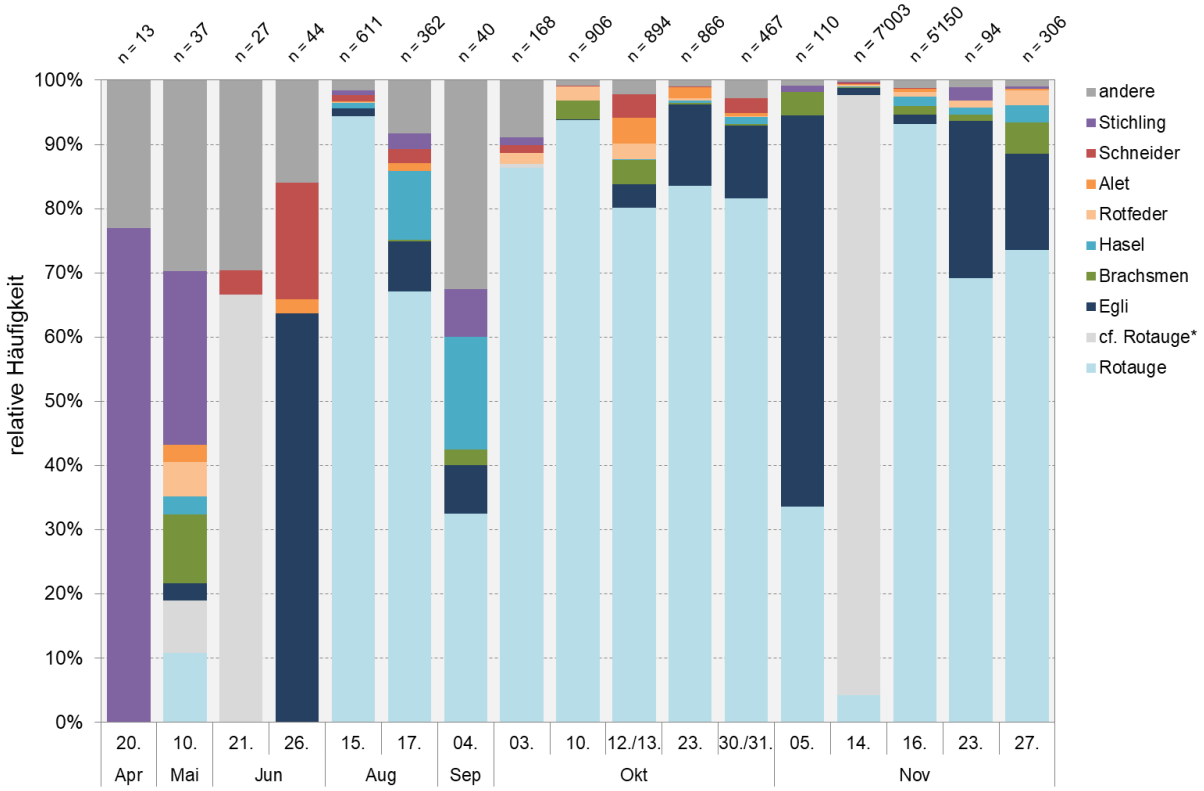

Abb. 7.21 Relative Häufigkeit der bei den einzelnen Abstiegskontrollen erfassten Fischarten.
*** Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten.**

Brachsmen, die insgesamt dritthäufigste Fischart, waren in den Monaten Oktober und November am zahlreichsten. Auch die Abwanderung weiterer Cypriniden wie Alet, Rotfeder oder Schneider konzentrierte sich auf einige Tage in diesen beiden Monaten (vgl. Tab. 7.3). Bei den Lauben und Haseln ist hingegen noch ein zweiter Abwanderungspeak am 17. August 2017 zu erkennen. Abwandernde Schleien wurden nur im Sommer nachgewiesen.

Die Abwärtswanderung der Egli fand hauptsächlich im Herbst statt. Sie waren zwischen Mitte Oktober und Ende November immer mit mehreren Dutzend Individuen vertreten. Am meisten Egli wurden mit über 100 Individuen am 23. Oktober 2017 registriert. Wie bei den Lauben und Haseln, konnten auch beim Egli im Sommer (26. Juni 2017 & 17. August 2017) weitere Abwanderungswellen registriert werden.

Im April und Mai war der Stichling jeweils die häufigste Fischart, wobei insgesamt nur sehr wenige Fische im Frühling erfasst wurden.

Axpo - Internal

Fischart	Apr	Mai	Jun		Aug		Sep	Okt					Nov					Total
	20.	10.	21.	26.	15.	17.	04.	03.	10.	12./13.	23.	30./31.	05.	14.	16.	23.	27.	
Aal												1						**1**
Alet		1		1	1	4				36	14	2		11	27		1	**98**
Äsche							1							1				**2**
Barbe	1	4		1		2	2	6		7	1	1			2		1	**28**
Blicke												1			10			**11**
Brachsmen		4				1	1		26	34	2	1	4	15	74	1	15	**178**
Egli		1		28	7	28	3		1	33	110	53	67	71	70	23	46	**541**
Elritze	2		6			1	1			1								**11**
Felchen		2		1	1													**4**
Forelle								1						1	2			**4**
Groppe		3																**3**
Gründling		2		4			2	3	1	9	3	8	1		1	1	1	**36**
Hasel		1			5	39	7			1	3	5		6	75	1	8	**151**
Karpfen				1	8	1	5	1		1				1	1		1	**20**
Laube			1			21		2	6	2	3	1		5	39			**80**
Nase			1								1	1			8			**11**
Rotauge		4			577	243	13	145	850	716	723	381	37	298	4'800	65	225	**9'077**
cf. Rotauge*		3	18					1						6'544				**6'566**
Rotfeder		2			1			3	20	22	4	1		18	36	1	7	**115**
Schleie					1	5	1											**7**
Schneider			1	8	6	8		2	1	32	2	11		18	2			**91**
Stichling	10	10			4	9	3	2					1	1	2	2	1	**45**
Zander							1	2	1					13				**17**
Anzahl Fische	13	37	27	44	611	362	40	168	906	894	866	467	110	7'003	5'149	94	306	**17'097**
Anzahl Arten	3	12	5	7	10	12	12	11	8	12	11	13	5	14	15	7	10	**23**
n Stichproben	10	9	10	7	7	8	9	9	13	38	11	46	9	23	32	25	14	**280**
Dauer [h:min]	6:25	5:25	4:15	4:01	3:30	4:12	4:42	4:05	4:08	16:14	4:05	22:18	2:54	5:28	7:22	5:01	5:29	**109:34**
Anzahl Fische/h	2	7	6	11	175	86	9	41	219	55	212	21	38	1281	699	19	56	

Anzahl Fische

- 1 - 10
- 11 - 100
- > 100

Tab. 7.3 Im Rahmen der einzelnen Abstiegskontrollen erfasste Anzahl absteigender Fische aufgeteilt nach Fischart. * Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten.

7.2.2 Vergleich mit potentiellem Artenspektrum

In der Aare bei Aarau wurden mittels Uferbefischungen im Rahmen der Neukonzessionierung und der Wirkungskontrolle der Ausgleichsmassnahmen beim Kraftwerk Rüchlig 27 Fischarten nachgewiesen [6] [7]. Durch die Fischzählungen in der Fischaufstiegshilfe beim DKW Rüchlig konnten 2017 insgesamt 25 Fischarten festgestellt werden [8]. Bei den Abstiegskontrollen wurden 2017 gesamthaft 22 Fischarten erfasst (vgl. Tab. 7.4).

Im Rahmen der hier vorliegenden Hamenversuche nicht nachgewiesen werden konnten folgende Fischarten (* mit Stern gekennzeichnete Arten wurden auch nicht im Rahmen der Fischaufstiegskontrollen festgestellt):

- die Kleinfischarten Bitterling*, Dorngrundel, Schmerle und Strömer,
- die grosswüchsigen Arten Hecht* und Wels*,
- das stark gefährdete Bachneunauge,
- die landesfremden Arten Sonnenbarsch und Giebel*

Mit der Felche und der Blicke wurden zwei Arten ausschliesslich durch die Hamenversuche erfasst.

Fischart		RL	Aare	FAH	Bypass
Aal	*Anguilla anguilla*	VU	●	1	1
Alet	*Squalius cephalus*	LC	●●●	668	98
Äsche	*Thymallus thymallus*	VU	●●	17	2
Bachforelle	*Salmo trutta*	NT	●●	20	4
Bachneunauge	*Lampetra planeri*	EN	●	1	
Barbe	*Barbus barbus*	NT	●●●	1'432	28
Bitterling	*Rhodeus amarus*	EN	●		
Blicke	*Blicca bjoerkna*	NT			11
Brachsmen	*Abramis brama*	LC	●	3	178
Dorngrundel	*Cobitis bilineata*	DD	●●	1	
Egli	*Perca fluviatilis*	LC	●●	238	541
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	LC	●●●	1'378	11
Felchen	*Coregonus spp.*				4
Giebel	*Carassius gibelio*	*	●		
Groppe	*Cottus gobio*	NT	●●	7	3
Gründling	*Gobio gobio*	LC	●●	319	36
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	LC	●	431	151
Hecht	*Esox lucius*	LC	●		
Karpfen	*Cyprinus carpio*	VU	●	5	20
Laube	*Alburnus alburnus*	LC	●●	487	80
Nase	*Chondrostoma nasus*	CR	●	35	11
Rotauge	*Rutilus rutilus*	LC	●●●	4'285	9'077
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*		●	61	115
Schleie	*Tinca tinca*	LC	●	5	7
Schmerle	*Barbatula barbatula*	LC	●●●	11	
Schneider	*Alburnoides bipunctatus*	VU	●●●	1'495	91
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	*	●	10	
Stichling	*Gasterosteus gymnurus*	NT	●●	2	45
Strömer	*Telestes souffia*	VU		1	
Wels	*Silurus glanis*	NT	●		
Zander	*Sander lucioperca*	*		2	17
Nicht bestimmt					6'566
	Anzahl Fische		**-**	**10'915**	**17'097**
	Anzahl Arten		**27**	**25**	**22**

Beurteilung Häufigkeiten

- ● selten
- ●● mittel
- ●●● häufig

Tab. 7.4 Fischartenspektrum im Konzessionsgebiet des Kraftwerk Rüchlig (Aare), welches im Rahmen der Neukonzessionierung und der Wirkungskontrolle der Ausgleichsmassnahmen [6] [7] nachgewiesen wurde (inklusive Rote-Liste Status (RL) und Beurteilung der Häufigkeit) im Vergleich mit dem durch die Fischzählungen in der Fischaufstiegshilfe des DKW (FAH) [8] und den Hamenversuchen (Bypass) festgestellten Fischartenspektrums und absoluter Häufigkeit 2017.

Das Rotauge war sowohl bei den Fischaufstiegs-, als auch bei den Fischabstiegskontrollen die häufigste Fischart, wobei im Abstieg deutlich mehr Individuen erfasst wurden als im Aufstieg. Auch das Egli, der Hasel, die Laube und die Rotfeder zählten sowohl bei den Fischzählungen in den FAH als auch bei den Hamenversuchen zu den häufigen Arten. Eine deutliche Diskrepanz zwischen den Auf- und Abstiegszahlen konnten hingegen bei den rheophilen Arten Alet, Barbe, der Elritze und dem Schneider festgestellt werden (vgl. Abb. 7.22). Alle diese Arten zählten bei den Aufstiegskontrollen mit jeweils über 1‘000 gezählten Individuen zu den häufigsten Arten und waren auch bei den Uferbefischungen dominierend. Im Oberwasser des DKW und des Stauwehrs herrschen bei normalem Abfluss nur sehr geringe Fliessgeschwindigkeiten vor. Der grössere Teil des Aare-Abflusses fliesst am oberen Ende der Zurlindeninsel Richtung Hauptkraftwerk. Abwandernde Fische, welche sich an der Hauptströmung orientieren, werden

Axpo - Internal

daher grösstenteils zum Hauptkraftwerk geleitet, wodurch der eher geringe Anteil der rheophilen Arten bis zu einem gewissen Grad erklärt werden kann.

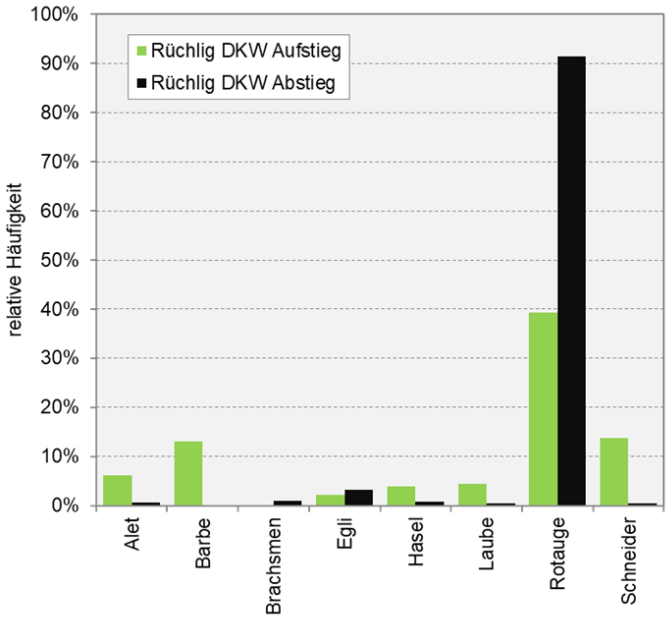

Abb. 7.22 Relative Häufigkeiten der verschiedenen Fischarten in den Untersuchungen DKW für den Aufstieg (grün) sowie den Abstieg (schwarz). Dargestellt sind diejenigen Arten, deren Anteil im Auf- oder Abstieg mindestens 0.5% betrug.

Ein umgekehrtes Muster wie bei den rheophilen Arten wurde hingegen bei den limnophilen Brachsmen, Karpfen und Stichling festgestellt. Diese Arten waren bei den Abstiegskontrollen mit mehr Individuen vertreten als bei den Aufstiegskontrollen. Die Blicke wurde gar nur im Abstieg registriert. Insbesondere die relativ hohen Abstiegszahlen bei den Brachsmen sind doch eher erstaunlich. Während der Brachsmen bei den Abstiegskontrollen die dritthäufigste Fischart war, wurde sie bei den Uferbefischungen und den Fischaufstiegszählungen nur in sehr geringer Dichte erfasst. Auch die Häufung der Stichlinge im Frühling ist interessant. Bei den Kontrollen im April und in Mai war der Stichling die häufigste Fischart. Während dieser Monate findet auch die Fortpflanzung der Stichlinge statt (April – Juni). Vielleicht sind die Stichlinge in dieser Zeit besonders aktiv und besitzen grössere Streifgebiete.

Ebenfalls erwähnenswert sind die Resultate beim Gründling. Diese bodenorientierte Kleinfischart zählt in den sandigen Bereichen im Oberwasser des DKW zu den häufigsten Arten. Bei den Abstiegskontrollen konnten allerdings nur 36 Gründlinge gezählt werden. Ob die Gründlinge a) nicht absteigen wollten, b) nicht zum Zeitpunkt der Abstiegskontrollen abgewandert sind oder c) durch den Rechen nicht an der Passage durch die Turbine gehindert worden sind, lässt sich allerdings nicht beurteilen.

Die Vergleiche zwischen Fischauf- und -abstiegskontrollen sind jedoch zu relativieren, da die Hamenversuche im Gegensatz zu den Fischzählungen in den FAH nicht kontinuierlich durchgeführt wurden und die im Rahmen der Fischaufstiegszählungen festgestellte Anzahl Fische infolge der schlecht funktionierenden Reusenkehle beim Fischzählbecken eine Minimum-Angabe ist.

7.2.3 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Beim Vergleich der 8 beim Kraftwerk Stroppel am häufigsten registrierten Arten mit jenen beim DKW Rüchlig fällt auf, dass der Anteil an Rotaugen beim DKW Rüchlig sehr gross ist (vgl. Abb. 7.23). Beim Kraftwerk Stroppel wurden absolut und auch relativ deutlich mehr Schneider, Barben, Brachsmen, Lauben und Alet gezählt als beim DKW Rüchlig. Die Anzahl der Egli, Rotfedern und Hasel sind vergleichbar.

Axpo - Internal

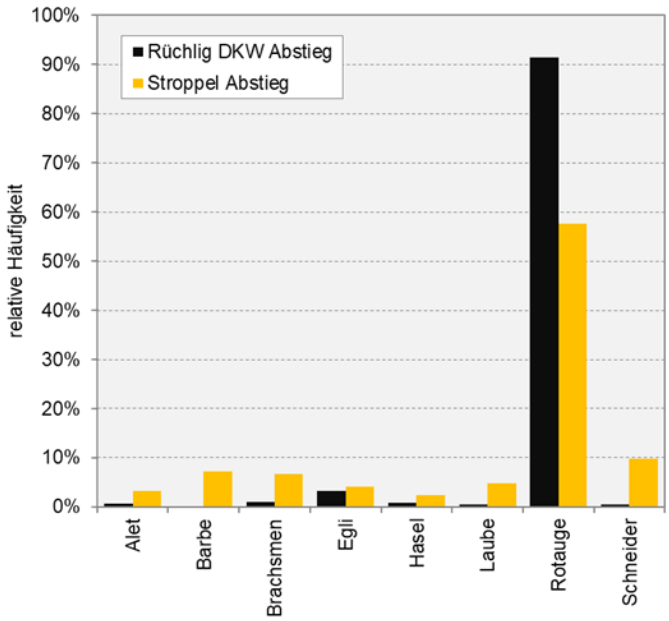

Abb. 7.23 Relative Häufigkeit der verschiedenen Fischarten im Rahmen der Fischabstiegskontrollen des DKW Rüchlig (schwarz) sowie des Kraftwerks Stroppel (orange). Dargestellt sind die 8 häufigsten Arten.

Gründe für diese unterschiedlichen Resultate können sehr divers sein, wie z.B. ein unterschiedliches Artenspektrum in den beiden Fliessgewässern, die Leitwirkung des Horizontalrechens sowie die Tatsache, dass über das Jahr hinweg nur Stichproben zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden. Es ist daher durchaus möglich, dass Abwanderungswellen von Barben, Schneider und weiterer rheophilen Arten durch die Abstiegskontrollen verpasst wurden. Beispielsweise ist aus den Abstiegskontrollen beim Kraftwerk Stroppel ersichtlich, dass über 70% der dort erfassten Barben während eines Untersuchungsblockes vom 20. bis 23. Oktober gefangen wurden. Auch beim Schneider waren am Standort Stroppel solch deutliche, saisonale Unterschiede zu erkennen.

Eine weitere Erklärung könnte aber die Hydraulik und die Abflussverhältnisse im Oberwasser der beiden Kraftwerke sein: Beim Kraftwerk Stroppel führte der Hauptanteil des strömenden Wassers direkt zum Maschinenhaus. Im Weiteren wird bei Situationen mit Wehrüberlauf beim Kraftwerk Stroppel das Streichwehr sehr flach überströmt, was keinen geeigneten Abstiegsweg für Fische darstellt und somit die meisten absteigenden Fische zum Maschinenhaus geleitet werden. Beim DKW Rüchlig hingegen ist das Wasser im Oberwasser der alten Aare aufgestaut und der Hauptanteil des strömenden Wassers wird beim Inselspitz zum Oberwasserkanal in Richtung Hauptkraftwerk geführt. Es ist wahrscheinlich, dass insbesondere rheophile Arten während des Abstiegs der Hauptströmung folgen und zum Hauptkraftwerk gelangen, während sich in der alten Aare vermehrt limnophile Fischarten aufhalten dürften. Dies lässt sich anhand der rheophilen Fischarten Barbe und Schneider gut zeigen, welche im Fischabstieg des DKW Rüchlig im Vergleich zum Kraftwerk Stroppel sehr selten registriert wurden, obwohl sie in der Aare häufig vorkommen.

7.2.4 Fazit Artenspektrum und relative Häufigkeit der Arten

Durch die Fischabstiegskontrollen konnte ein grosser Teil des Fischartenspektrums der Aare nachgewiesen werden. Aufgrund des – im Gegensatz zum Aufstieg – eher geringen Anteils der rheophilen Arten Alet, Barbe, Elritze, Schneider gegenüber den eher als strömungsindifferenten oder limnophilen Arten wie Rotauge oder Brachsme kann vermutet werden, dass die rheophilen Arten primär der grösseren Strömung in Richtung HKW folgen und dort absteigen.

Axpo - Internal

7.3 Längenspektrum aller erfassten abwandernden Fische

7.3.1 Resultate

Rund 96% der erfassten Fische waren kürzer als 10 cm, wobei die 5 – 10 cm langen Fische mit knapp 15‘000 Individuen klar dominierten (vgl. Tab. 7.5). Rund 720 Fische (4%) wiesen eine Länge zwischen 10 bis 20 cm auf. Nur 28 Fische waren grösser als 20 cm, wovon deren 14 Zander (20 – 30 cm) waren. Insgesamt 6 Fische wiesen eine Körperlänge von über 30 cm auf. Der längste im Hamen erfasste Fisch war ein Aal mit abgetrenntem Schwanz (vgl. Kapitel verletzte Fische), inwieweit dies ein aktiver Abstieg war oder eine passive Verdriftung kann nicht schlüssig beurteilt werden.

	Längenklassen [cm]						
Fischart	< 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	> 30	**Total**
Aal						1	**1**
Alet		61	16	19	1	1	**98**
Äsche					1	1	**2**
Barbe		12	4	10	1	1	**28**
Blicke		9	1	1			**11**
Brachsmen	19	132	8	19			**178**
Egli		197	280	62	2		**541**
Elritze		11					**11**
Felchen		4					**4**
Forelle			1	1	1	1	**4**
Groppe		3					**3**
Gründling		16	10	10			**36**
Hasel	15	127	9				**151**
Karpfen		14		5	1		**20**
Laube	15	54	10	1			**80**
Nase	1	8	1			1	**11**
Rotauge	1'383	7'510	78	106			**9'077**
cf. Rotauge*		6'566					**6'566**
Rotfeder	5	58	25	26	1		**115**
Schleie		5		2			**7**
Schneider	10	70	2	9			**91**
Stichling	7	38					**45**
Zander				3	14		**17**
Total Fische	**1'455**	**14'895**	**445**	**274**	**22**	**6**	**17'097**
Anteil [%]	**8.5%**	**87%**	**2.6%**	**1.6%**	**0.1%**	**0.04%**	**100%**

Tab. 7.5 Anzahl erfasste Fische nach Längenklasse und Fischart.
*** Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten.**

7.3.2 Vergleich mit den ARIS-Sonar Aufnahmen

Durch die Aufnahmen mittels des ARIS-Sonars vom 10. Oktober 2017 war es möglich, die Grössenverteilung der Fische im Oberwasser mit jener der effektiv gefangenen Fische zu vergleichen. Bei den gezählten Fischen im Unterwasser handelte es sich ausschliesslich um kleine Individuen mit einer Körperlänge kleiner 10 cm. Auch im Oberwasser wurden bis auf eine Einzelsichtung nur kleine Fische in derselben Grössenordnung gesichtet. D.h., dass diejenigen Fische abgestiegen sind, welche tatsächlich am Rechen angelangt waren. Grosse Fische wurden weder gesichtet, noch im Abstieg gefangen.

Axpo - Internal

7.3.3 Vergleich mit den Fischaufstiegskontrollen

Auch bei den Fischaufstiegskontrollen am Standort Rüchlig [8] war der weitaus grösste Anteil der erfassten Fische < 10 cm (beim DKW rund 88%) und wie bei den Abstiegskontrollen dominierten die Rotaugen in dieser Längenklasse deutlich. Im Vergleich zu den Abstiegskontrollen war der Anteil der 10 – 30 cm langen Fische mit rund 10% bei den Aufstiegskontrollen etwas grösser. Bei den Aufstiegskontrollen waren die meisten Fische dieser Längenklassen Barben, welche bei den Abstiegskontrollen eher selten waren.
Grosse Fische > 30 cm waren auch bei den Aufstiegskontrollen mit total 35 Fischen selten, wobei im Nachhinein insbesondere für grosse Fische ein systematischer Fehler aufgrund der schlechten Fängigkeit der Kehle vermutet wurde.

7.3.4 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Das Längenspektrum der absteigenden Fische beim DKW Rüchlig ist vergleichbar mit jenem bei der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel (vgl. [2]). Während beim DKW Rüchlig 95% aller abgestiegenen Fische eine Körperlänge kleiner als 10 cm aufwiesen, waren dies beim Kraftwerk Stroppel 88%. Für Fische mit einer Körperlänge kleiner als 20 cm ist der Prozentsatz aller absteigenden Fische mit 99% identisch. Dies zeigt, dass über das Jahr hinweg der Grossteil der abwandernden Fische sehr klein ist.

7.3.5 Fazit Längenspektrum

Im Rahmen der Fischabstiegsversuche DKW Rüchlig waren 96% der erfassten Fische < 10 cm. Es fehlten somit mehrheitlich diejenigen Fische, welche eigentlich physisch durch den 20 mm Rechen an der Passage durch die Turbine gehindert werden. Über die Gründe, weshalb kaum grosse Fische nachgewiesen werden konnten, kann nur spekuliert werden. Möglicherweise wurden die Zeiträume, in welchen die grösseren Fische abwandern, schlicht verpasst, oder die grösseren Fische wählten den Weg via das Hauptkraftwerk.

Axpo - Internal

7.4 Saisonale Verteilung der abwandernden Fischarten und deren Längenklassen

7.4.1 Resultate

Die Mehrzahl der kleinen Fische (< 10 cm) waren Rotaugen. Ihre Abwanderung konzentrierte sich auf Mitte November, mit weiteren Abwanderungswellen im August und Oktober (vgl. Abb. 7.24 oben). Die meisten anderen kleinen Fische waren ebenfalls Cypriniden (vgl. Abb. 7.24 unten). Ihre Abwärtswanderung folgte einem ähnlichen Muster wie jenem der Rotaugen. Auch waren Egli < 10 cm relativ häufig.

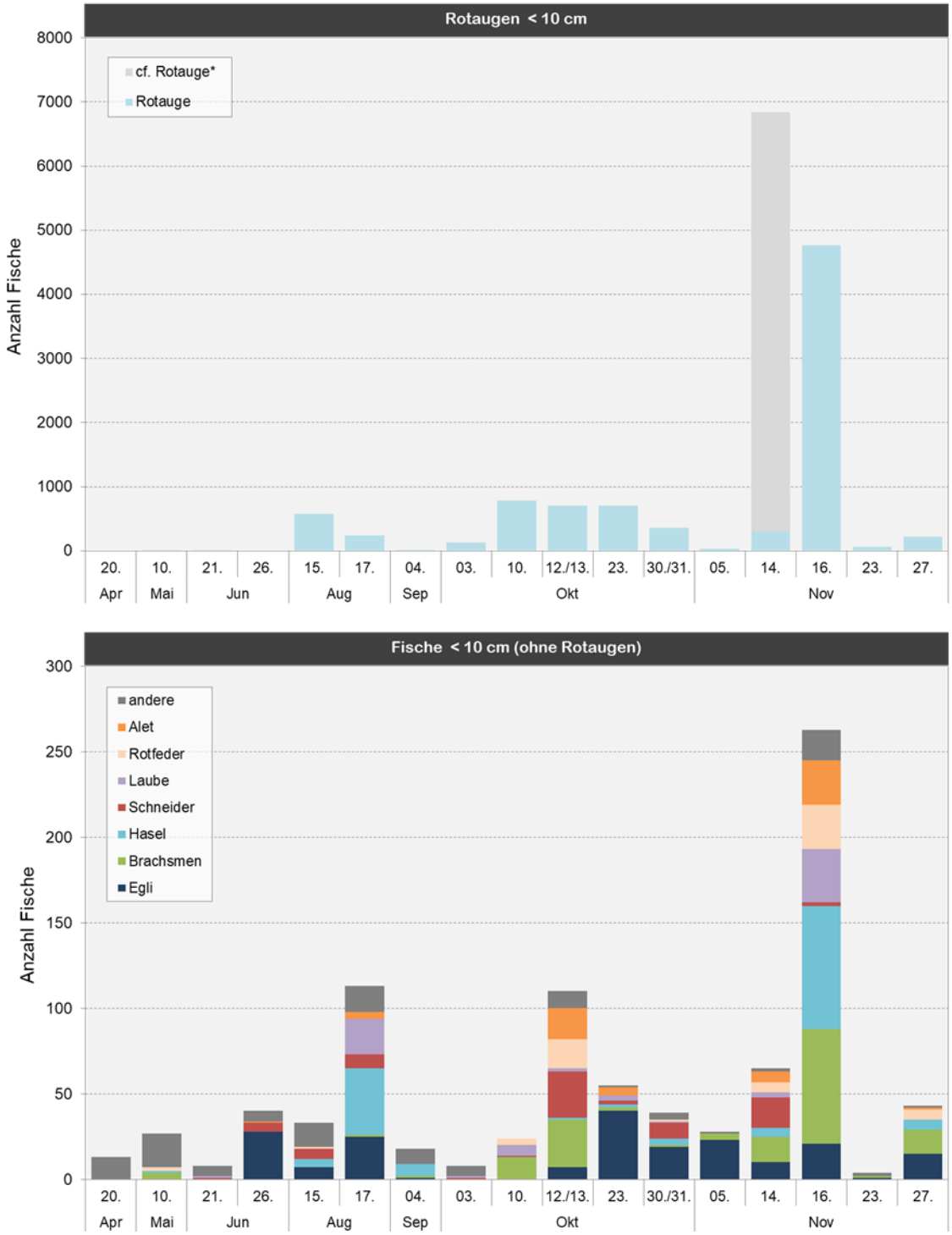

Abb. 7.24 Häufigkeit der Rotaugen < 10 cm (oben) und der restlichen Arten < 10 cm (unten) im Jahresverlauf.
*** Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten.**

Axpo - Internal

Bei den mittelgrossen Fischen (10 – 20 cm) dominierten die Egli (vgl. Abb. 7.25 oben). Sie waren ab dem 12. Oktober 2017 beinahe bei allen Kontrollen die häufigste Fischart in dieser Grössenklasse. Ebenfalls relativ zahlreich waren Rotaugen zwischen 10 – 20 cm. Im Gegensatz zu ihren kleineren Artgenossen, erreichte die Zahl der grösseren Rotaugen bereits anfangs Oktober ihren Höhepunkt. Weitere häufige Arten in dieser Grössenklasse waren Alet, Rotfedern und Brachsmen. Bei den Kontrollen zwischen April und September wurden kaum Fische zwischen 10 – 20 cm Länge erfasst.

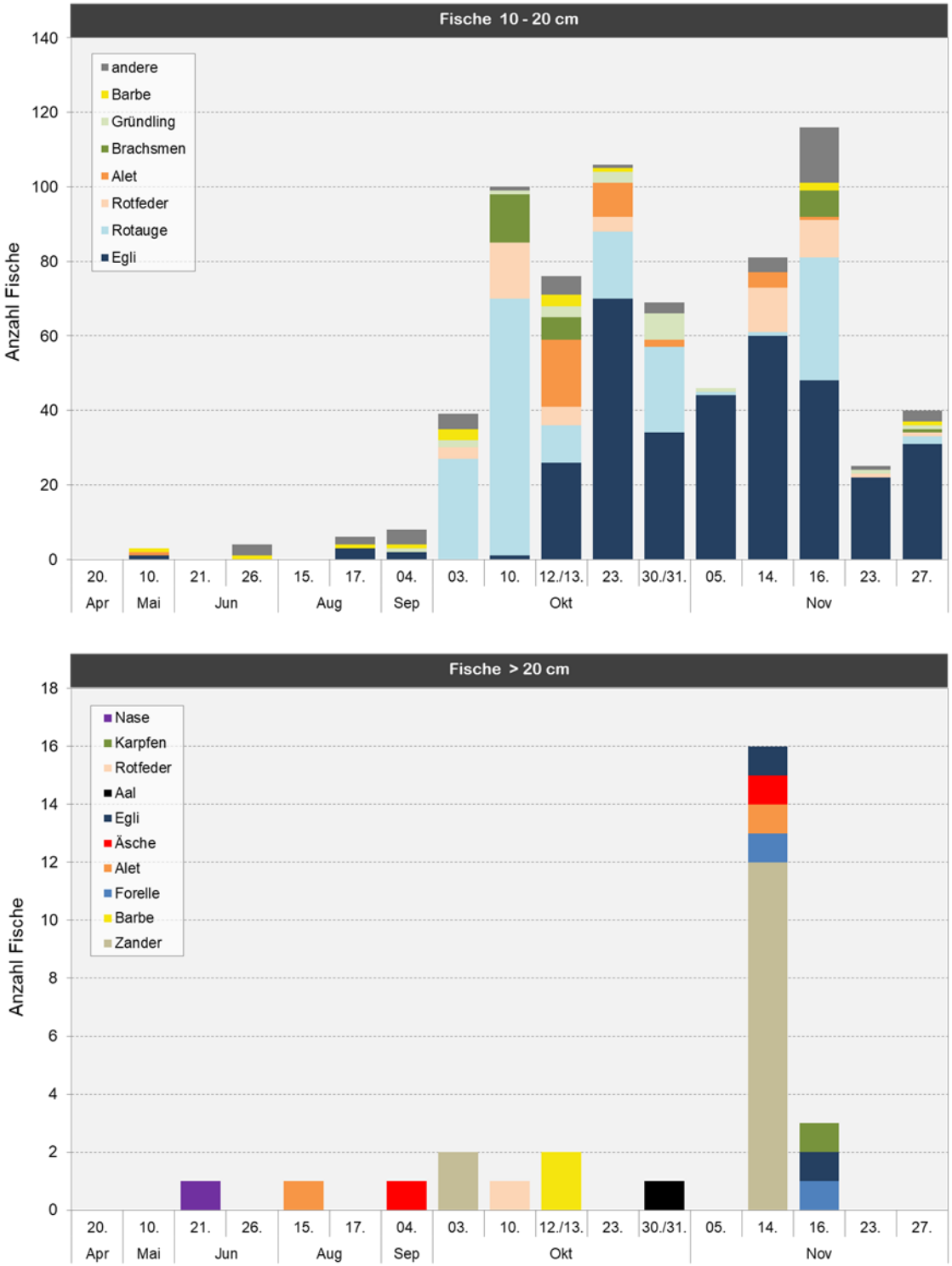

Abb. 7.25 Häufigkeit der einzelnen Arten im Jahresverlauf aufgeteilt nach mittelgrossen 10 - 20 cm (oben) und grossen Fischen > 20 cm (unten).

Axpo - Internal

Grosse Fische (> 20 cm) waren selten. Am häufigsten waren Zander, welche bis auf zwei Ausnahmen alle am 14. November 2017 erfasst wurden (vgl. Abb. 7.25 unten). Ausserdem wurden zwei Barben sowie je eine Forelle, Alet, Äsche, Egli, Aal, Rotfeder, Karpfen und Nase festgestellt. Ein zeitliches Muster ist aufgrund der geringen Zahl erfasster Fische nicht zu erkennen.

7.4.2 Vergleich mit den Fischaufstiegskontrollen

Ein Vergleich zwischen den Fischauf- und den Fischabstiegskontrollen beim Kraftwerk Rüchlig [8] bezüglich der Saisonalität des Wanderverhaltens ist schwierig, da die Abstiegskontrollen auf mehr oder weniger zufälligen Stichproben beruhen und die Aufstiegskontrollen kontinuierlich durchgeführt wurden. Auf einige interessante Muster wird jedoch nachfolgend dennoch kurz eingegangen.

Bei der FAH beim DKW ist die Mehrzahl der kleinen Fische – überwiegend Rotaugen – im Oktober aufgestiegen. Die Spitze der Abwärtswanderung der kleinen Rotaugen fand rund einen Monat später im November statt. Die Aufstiegskontrollen zeigten, dass auch in den Sommermonaten Juni bis August relativ viele kleine Fische aufgestiegen sind. Auch bei einzelnen Abstiegskontrollen im Sommer wurden vermehrt kleine Fische mit dem Hamen gefangen.

Bei den mittelgrossen Fischen dominierten die Barben im Fischaufstieg. Diese wanderten grösstenteils im Juni flussaufwärts. Bei den wenigen abgestiegenen Barben lässt sich kein saisonales Muster erkennen.

7.4.3 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Die saisonale Verteilung der abwandernden Fischarten und deren Längenklassen waren beim Kraftwerk Stroppel sehr ähnlich, insbesondere bei den häufig vorkommenden Arten. Dies ist allerdings auch darauf zurückzuführen, dass beim DKW Rüchlig die Stichproben mit Massenabstieg aufgrund der Erfahrungen beim Kraftwerk Stroppel in derselben Jahreszeit und unter ähnlichen Umweltbedingungen angesetzt wurden. D.h., dass die Verdichtung der Stichproben im Oktober/November beim DKW Rüchlig ein ähnliches Artenspektrum und auch ähnliche Längenklassen zeigt. Da die übrigen Stichproben über das Jahr verteilt waren, können in diesen Zeiträumen keine Vergleiche gemacht werden.

7.4.4 Fazit saisonale Verteilung

Die saisonale Verteilung der abwandernden Fische ist aufgrund der relativ kleinen Anzahl Stichproben sehr hypothetisch. Bei den kleinen und mittelgrossen Fischen scheint die Abwanderungsspitze tendenziell auf den Herbst zu fallen. Allerdings wurden auch grössere Abwanderungswellen im Sommer beobachtet. Eine Aussage für grosse Fische ist aufgrund der kleinen Anzahl registrierter Fische nicht möglich. Um das Wissen bezüglich der jahreszeitlichen Muster der Abwärtswanderung zu erweitern, wären grössere Studien mit einem grösseren Untersuchungsaufwand notwendig.

7.5 Diurnalität

7.5.1 Resultate

Die meisten absteigenden Fische wurden jeweils kurz vor oder in der Dämmerung kurz nach dem Sonnenuntergang registriert (vgl. Abb. 7.26). Zwischen 09:00 Uhr bis 15:00 Uhr wurden nur sehr wenige Fische registriert. Allerdings wurden auch nur wenige Stichproben zu dieser Zeit durchgeführt. Ab 15:00 Uhr nahm die Zahl der abgestiegenen Fische bis zu einem Maximum um die Dämmerungs- bis ersten Nachtstunden zu. Danach nahm bis um Mitternacht die Zahl abgewanderter Fische wieder ab. Durch die Nacht bis zur Morgendämmerung blieb die Abstiegsrate relativ konstant.

Axpo - Internal

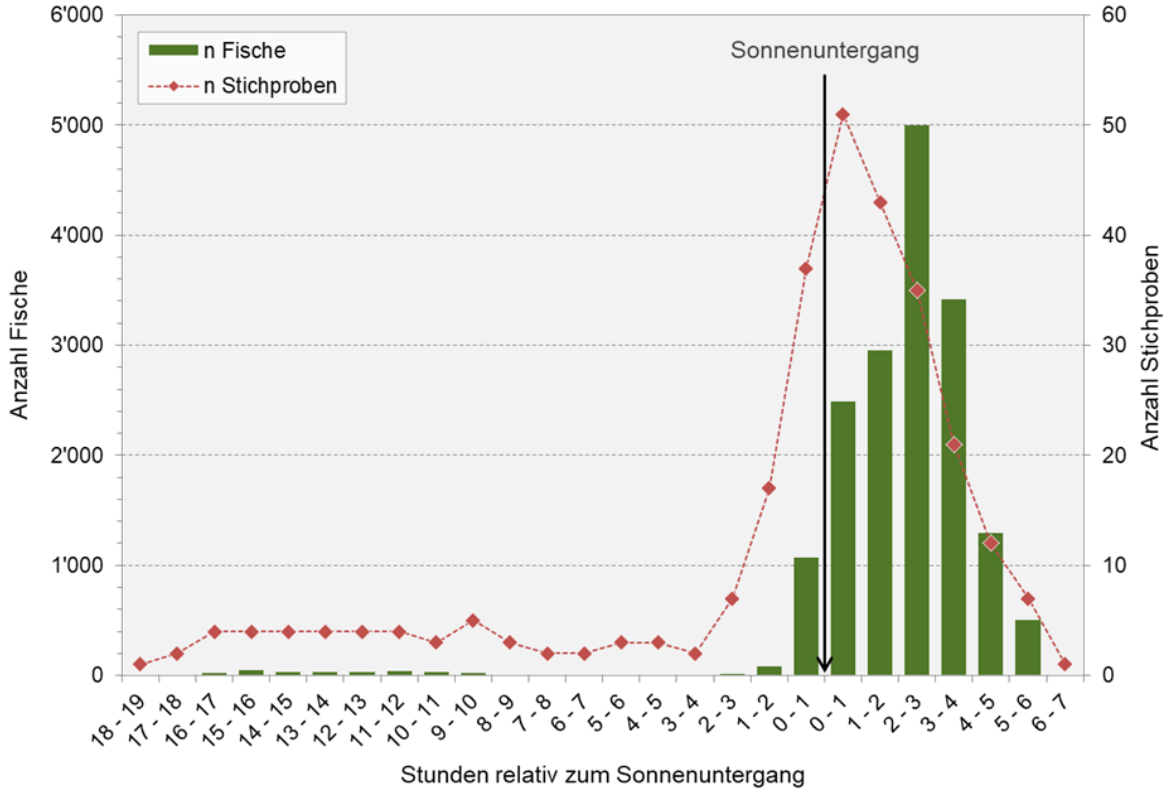

Abb. 7.26 Anzahl Fische über alle Untersuchungsblöcke zusammengefasst (grüne Balken) und Anzahl Stichproben pro Stunde (Hamenentleerungen; rote Linie) in Abhängigkeit zum Sonnenuntergang (Anzahl Stunden vor, respektive nach Sonnenuntergang = schwarze Linie).

Der Anteil in der Nacht abgestiegener Fische betrug insgesamt 68%. Zwischen den Untersuchungsblöcken konnten jedoch teils grössere Unterschiede festgestellt werden (vgl. Abb. 7.27 oben). Diese sind in erster Linie auf artspezifische Unterschiede bezüglich der bevorzugten Abwanderungszeit zurückzuführen. So stiegen Egli und Zander mehrheitlich kurz vor Sonnenuntergang oder in der Dämmerung, die meisten Cypriniden wie das Rotauge mehrheitlich in der Dämmerung oder in der Nacht ab (vgl. Abb. 7.27 unten). Ebenfalls eher am Tag stiegen Forellen und Felchen ab, allerdings ist die Stichprobengrösse bei den Salmoniden sehr klein und dadurch die Aussagekraft relativ gering.

Die Auswertungen der zwei grossen Untersuchungsblöcken Mitte und Ende Oktober zeigen unterschiedliche Muster auf. Mitte Oktober wurde die grösste Abwanderungswelle mit über 500 Fische/Stunde in der Abenddämmerung (zwischen 19 bis 20 Uhr) festgestellt (vgl. Abb. 7.28 oben). Dieser Peak fehlt in den Untersuchungen von Ende Oktober gänzlich. Es wurden von 17 bis 22 Uhr 35 – 78 abwandernde Fische pro Stunde erfasst (vgl. Abb. 7.28 unten).

Bei den zwei Untersuchungsblöcken Mitte November wurde die grösste Abstiegsaktivität bei Dunkelheit festgestellt, mit einem Peak von über 3000 Fischen/h von 19 bis 20 Uhr am 14. November 2017 (vgl. Abb. 7.29 links). Zwei Tage später ist der Peak nur halb so gross und eine Stunde früher (vgl. Abb. 7.29 rechts).

In den Abb. 7.28 und Abb. 7.29 sind Tag, Dämmerung und Nacht wie folgt definiert, wobei sich die Zeitangaben für den Sonnenstand sich auf den Standort Aarau beziehen:

- Definition Tag: Zeit zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang.
- Definition Dämmerung: Übergang zwischen Tag und Nacht, wenn sich die Sonne unterhalb des Horizontes befindet, der Himmel jedoch durch die an der Erdatmosphäre reflektierte Strahlung erhellt wird (vor Sonnenaufgang = Morgendämmerung, nach Sonnenuntergang = Abenddämmerung).
- Definition Nacht: Zeit nach der astronomischen Abenddämmerung bis zur astronomischen Morgendämmerung.

Axpo - Internal

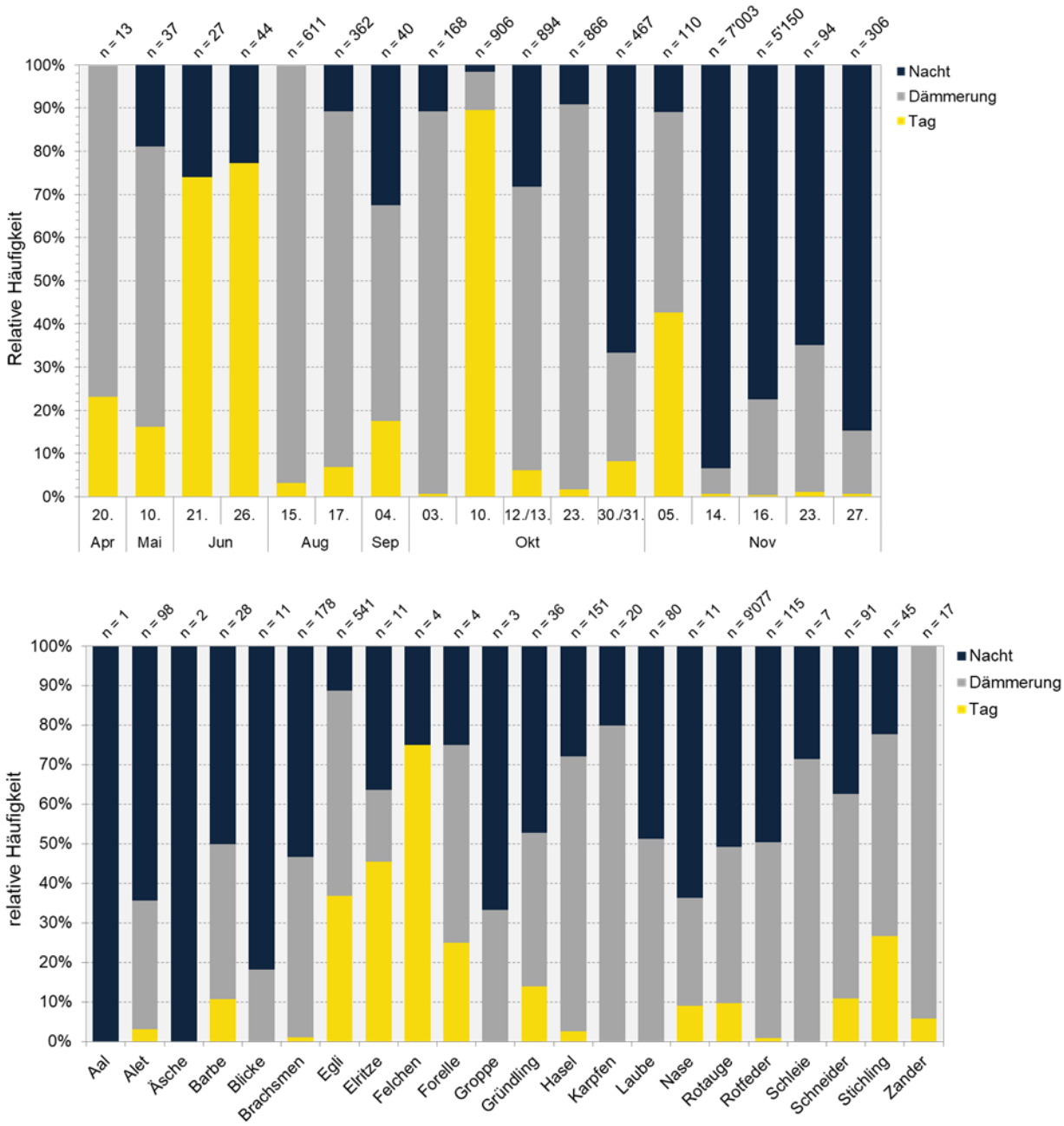

Abb. 7.27 Diurnalität der erfassten Fische während der einzelnen Abstiegskontrollen (oben) und nach Fischart (unten).

Axpo - Internal

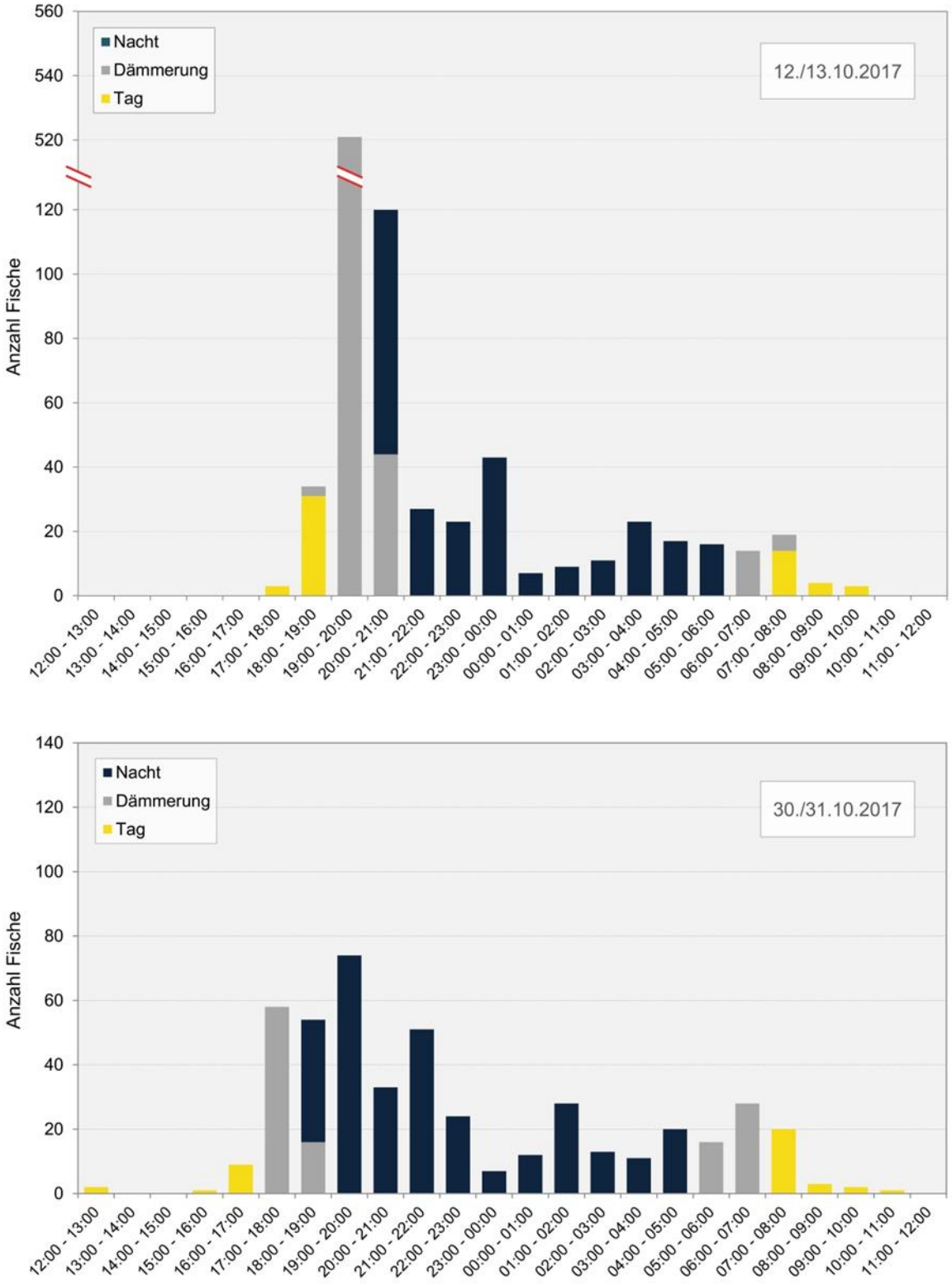

Abb. 7.28 Tageszeitlicher Verlauf der abwandernden Fische während den beiden grossen Untersuchungsblöcken am 12./13. Oktober 2017 (oben) um am 30./31. Oktober 2017 (unten).

Axpo - Internal

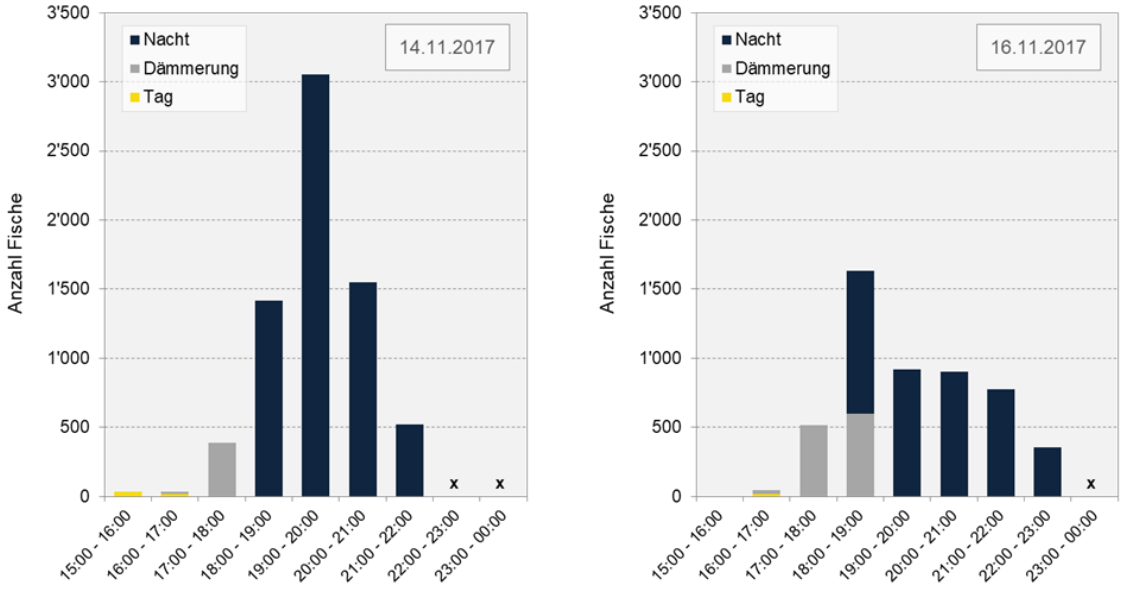

Abb. 7.29 Tageszeitlicher Verlauf der abwandernden Fische während den Massenabstiegen am 14. November 2017 (links) und 16. November 2017 (rechts).

7.5.2 Fischverhalten während des Abstiegs mittels ARIS-Sonar

Die Sonaraufnahmen vom 23. Oktober 2017 haben die Abstiegsaktivität während der Abenddämmerung bestätigt. Um 16:00 Uhr waren nur wenige Fische sowie vereinzelt kleine Schwärme auf den Sonaraufnahmen vor dem Rechen erkennbar. Die zivile Abenddämmerung begann um 18:23 Uhr und dauerte bis 18:56 Uhr. Wie erwartet nahm bis um 18:15 Uhr die Anzahl vor dem Rechen auftauchende Schwärme kontinuierlich zu und sehr viele Fische schwammen in Richtung Bypass und wieder zurück. Es machte den Anschein, dass sie vor dem Rechen hin zum Bypass Runden drehten und den Bypass selten bei der ersten Annäherung nutzen. Stattdessen wanderte sie an den Strukturen, d.h. am Leitrechen und am Trennpfeiler, entlang (vgl. Abb. 7.30).

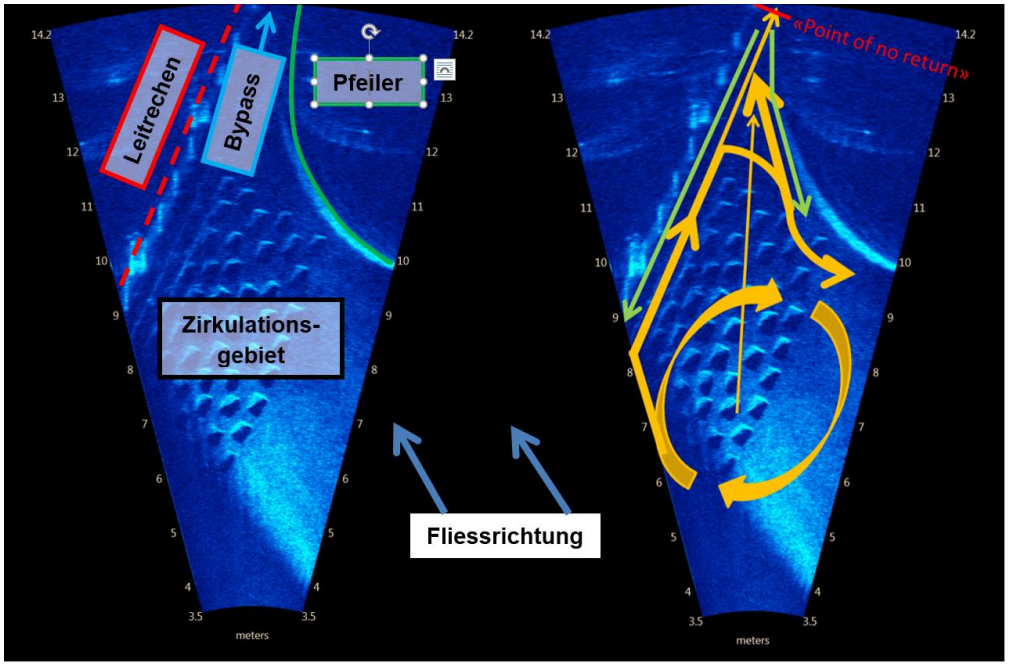

Abb. 7.30 Übersicht Fischverhalten vor dem Horizontalrechen beim DKW. Rechts: Übersicht Bewegungsmuster der abwärts-wandernden Fische (Orange: festgestellte Schwimmwege und Abstieg, die Dicke der Pfeile weist auf die Fischmenge hin, welche diesen Weg nutzt; Grün: Stellen, welche die Fische nutzen, um aus dem Bypassbereich schwimmen zu können; Rot: «Point of no return», d.h. Stelle, von welcher kein Fisch zurückgekehrt ist und entsprechend den Bypass benutzt hat.

Axpo - Internal

Während der Abenddämmerung um 18:45 Uhr erreichte die Fischmenge im Sonar-Aufnahmebereich ihr Maximum und die Fische nutzten zur gleichen Zeit den Bypass vermehrt (vgl. Abb. 7.32). Bei den Hamenleerungen zwischen 19:00 bis 19:30 Uhr wurden mit über 370 Fischen der Peak erreicht (vgl. Abb. 7.31).

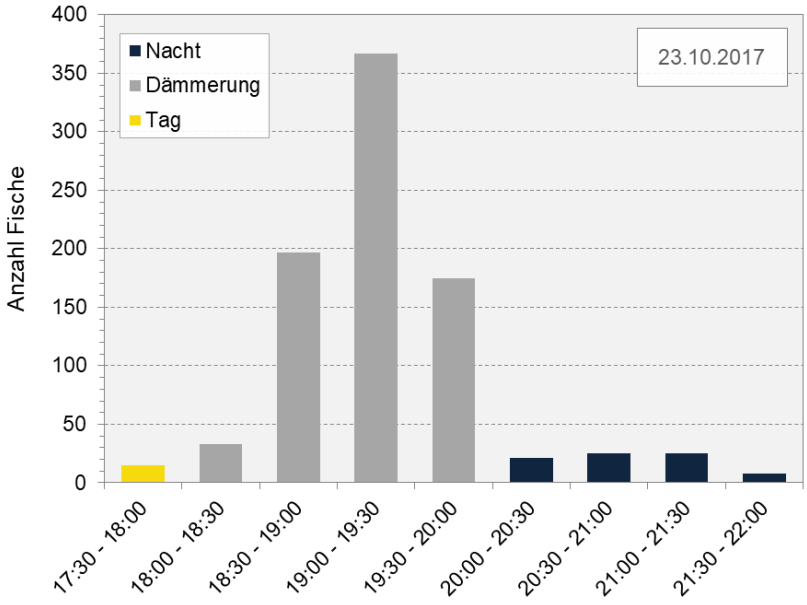

Abb. 7.31 Hamenreusenauszählung am 23. Oktober 2017.

Bereits um 19:15 Uhr konnte festgestellt werden, dass die Fischmenge vor dem Rechen kontinuierlich abnahm, so dass um 21:50 Uhr nur noch sehr wenige Fische oder kleine Schwärme im Oberwasser erkennbar waren, welche weiterhin zirkulierten oder den Bypass nutzten. Dies deckt sich mit den schlussendlich gezählten Fischen im Unterwasser, welche auch kontinuierlich abnahmen.

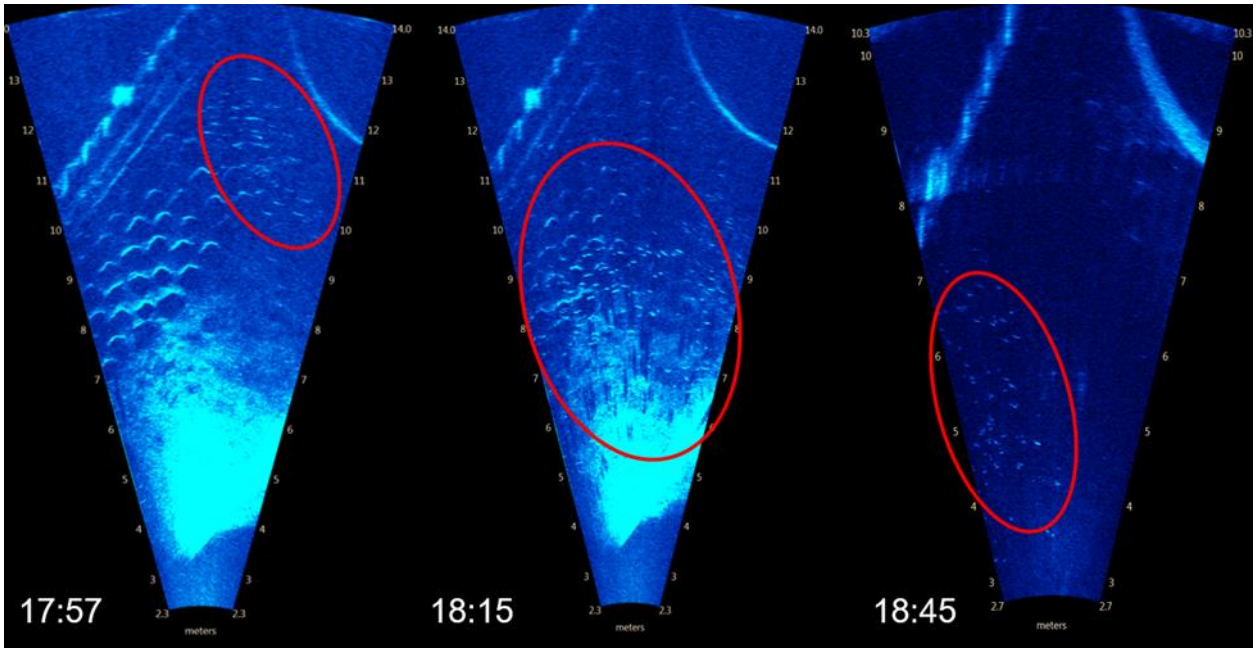

Abb. 7.32 Fischschwärme im Bereich vor dem EInlauf in den Bypass.

Axpo - Internal

Spannend war zudem die Beobachtung, dass die Fische tagsüber Abstand zum Feinrechen hielten und öfters sehr nah am Pfeiler entlang zum Bypass schwammen. Während der Dämmerung nutzten die Fische dann die Tangentialströmung am Rechen vermehrt und liessen sich entlang des Rechens zum Einlauf des Bypasses leiten (vgl. Abb. 7.30).

Nicht zuletzt wurden mit dem Sonar keine Einzelfische oder Fischwärme gesichtet, welche versucht haben, den Rechen zu passieren. Die hydraulische Störung am Rechen wird von den Fischen sehr gut angenommen und sie lassen sich entweder zum Bypass leiten oder schwimmen vom Rechen weg.

7.5.3 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Wie beim Kraftwerk Stroppel mit einer Abwanderrate während der Nacht von 76%, ist diese beim DKW Rüchlig mit 71% sehr ähnlich. Auch der Verlauf der unterschiedlichen Artzusammensetzung ist vergleichbar und die Peaks an abgewanderten Fischen fanden immer unmittelbar nach der Abenddämmerung statt und flachte gegen Mitternacht ab.

7.5.4 Fazit Diurnalität

Der grösste Anteil der abwärtswandernden Fische scheint den Bypass jeweils in der Dämmerungsphase bis in die frühen Nachstunden zu passieren. Allerdings wurden auch art- und altersspezifische Unterschiede festgestellt, welche nicht diesem Muster entsprechen. Weitere Studien wären notwendig, um solch art- und altersspezifischen Unterschiede genauer zu untersuchen.

Axpo - Internal

7.6 Analyse der äusseren Faktoren (Abfluss, Trübung, Temperatur, Mondphase) als mögliche Trigger für den Fischabstieg

7.6.1 Resultate

In Tab. 7.6 sind für die einzelnen Stichproben die Witterungsbedingungen und Trübungsgrad im Vergleich zur Anzahl registrierten Fischen gezeigt. Abb. 7.33 zeigt die relative Abstiegsrate (Anzahl Fische pro Stunde) im Vergleich zum Abfluss, der Wassertemperatur und der Mondphase.

Die Massenabstiege Mitte November 2017 (kurz vor Neumond) wurden nach einem höheren Abflusspeak (300 m³/s) festgestellt. Am 14. November 2017 – direkt nach dem Peak, mit stark getrübtem Wasser – wurden mehr Fische erfasst als bei abklingendem Abfluss und abnehmender Trübung zwei Tage später (vgl. Tab. 7.6). Die Wassertemperatur fiel durch die höheren Abflüsse auf unter 10°C.

Die grösseren Abwanderungswellen Mitte August (Halbmond) sowie Mitte Oktober fanden ebenfalls direkt im Anschluss an einen Abflusspeak statt. Auch in diesen Zeiträumen nahm die Abstiegsrate mit sinkendem Abfluss wieder ab. Im August lag die Wassertemperatur bei über 20°C, Mitte Oktober ist sie unter 16°C gefallen.

Ebenfalls relativ hoch war die Zahl abgestiegener Fische am 23. Oktober 2017. An diesem Tag wurde in der Aare kein höherer Abfluss verzeichnet, jedoch war in den Tagen zuvor die Dotierturbine ausser Betrieb und die Strömungsverhältnisse waren dementsprechend während dieser Zeit anders (Wehrüberfall). Am 23. Oktober 2017 wurde das DKW wieder in Betrieb genommen und somit der Wehrüberfall reduziert.

Anfang September (Vollmond) wurden hingegen bei einer vergleichbaren höheren Wasserführung, bei leichtem Regen und leichter Trübung kaum abgewanderte Fische registriert. Die Wassertemperatur betrug zu diesem Zeitpunkt noch über 18°C.

Monat	Tag	Uhrzeit		Trübung	Wetter	n Fische	Fische pro Stunde	Fische pro Stichprobe
		Beginn	Ende					
April	**20.**	15:45	22:20	klar	schön	13	**2.0**	**1.3**
Mai	**10.**	18:05	23:30	klar	schön	37	**6.8**	**4.1**
Juni	**21.**	18:30	23:30	klar	schön	27	**6.4**	**2.7**
	26.	19:25	23:30	klar	wechselhaft mit Regen	44	**11.0**	**6.3**
August	**15.**	18:55	22:30	schwach	wechselhaft mit Regen	611	**174.6**	**87.3**
	17.	18:50	23:00	schwach	schön	362	**86.2**	**45.3**
September	**04.**	18:20	23:00	schwach	leichter Regen	40	**8.5**	**4.4**
Oktober	**03.**	18:00	22:15	klar	schön	168	**41.1**	**18.7**
	10.	17:15	21:55	klar	schön	906	**219.2**	**69.7**
	12.-13.	17:45	10:25	klar	leicht bewölkt	894	**55.1**	**23.5**
	23.	17:35	22:05	schwach	leichter Regen	866	**212.1**	**78.7**
	30.-31.	11:55	11:45	klar	schön	467	**20.9**	**10.2**
November	**05.**	16:10	20:40	schwach	leichter Regen	110	**37.9**	**12.2**
	14.	15:20	21:40	stark	leicht bewölkt	7'003	**1281.0**	**304.5**
	16.	15:15	22:50	mittel	bewölkt	5'149	**699.0**	**160.9**
	23.	15:45	21:00	klar	leicht bewölkt	94	**18.7**	**3.8**
	27.	15:55	21:25	schwach	bewölkt	306	**55.8**	**21.9**
						17'097	**156.0**	**61.1**

Tab. 7.6 Witterungsbedingungen und Trübungsgrad im Vergleich zur Anzahl registrierten Fischen während den einzelnen Abstiegskontrollen.

Axpo - Internal

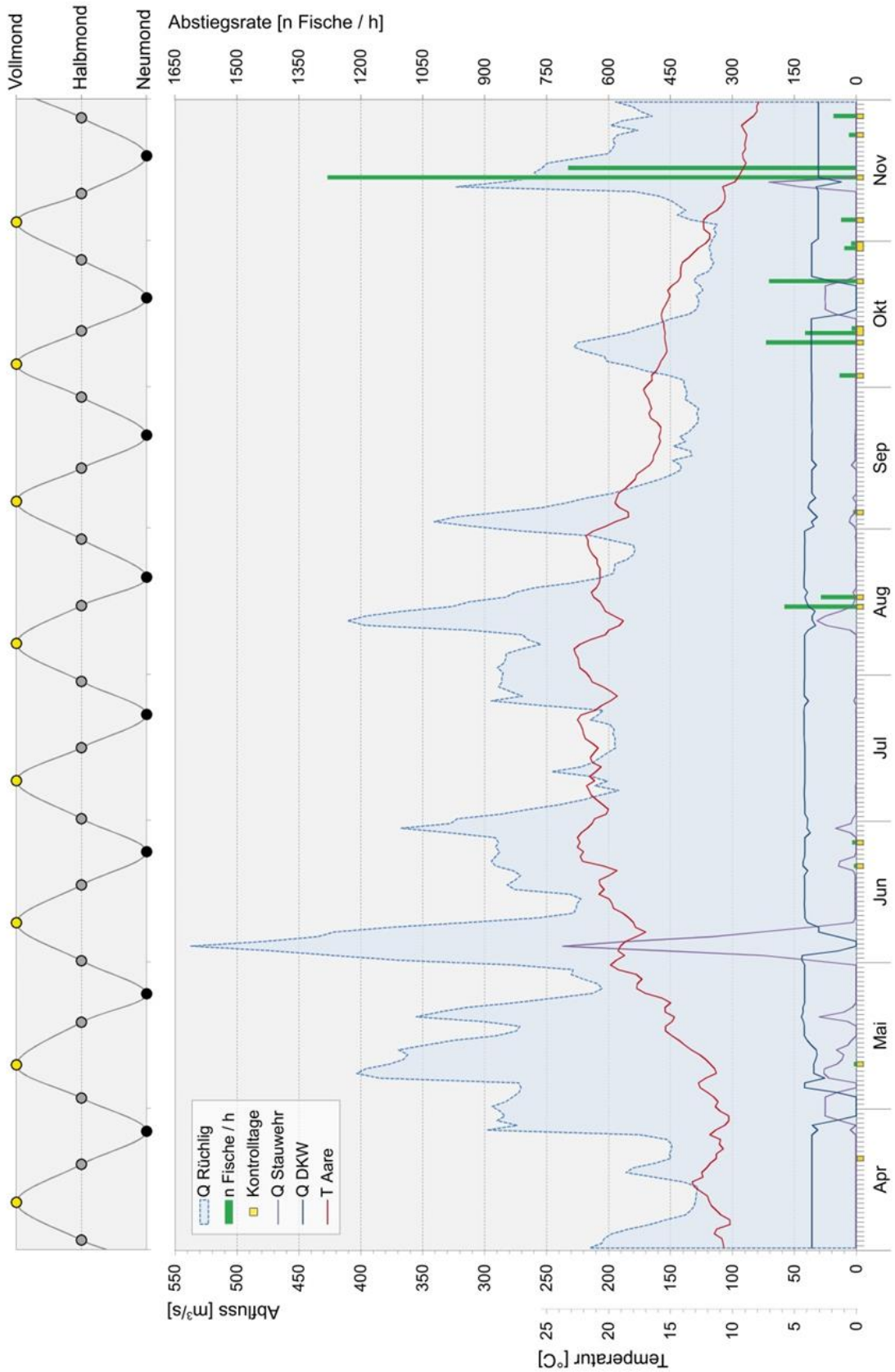

Abb. 7.33 Relative Abstiegsrate (Anzahl Fische pro Stunde) im Vergleich zum Abfluss (Q Aare Rüchlig, Q DKW und Q Stauwehr), der Wassertemperatur (BAFU Messstation Aare Brugg) und der Mondphase.

Axpo - Internal

Werden die einzelnen Einflussfaktoren mit einander in Beziehung gesetzt, so zeigt sich eine tendenzielle Zunahme der Wanderaktivität mit abnehmendem Abfluss, grösserer Trübung und rückläufigen Wassertemperaturen. Ausserdem war die Zahl der abgestiegenen Fische um Neumond höher als in der Zeit um Vollmond (vgl. Abb. 7.34). Bei der Interpretation der Daten muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Wahl der Stichproben nicht völlig zufällig erfolgte. Einige Abstiegskontrollen, insbesondere die grösseren Untersuchungsblöcke, wurden gezielt an Tagen angesetzt, an welchen aufgrund der äusseren Bedingungen höhere Abstiegszahlen vermutet wurden. Die unabhängige und zufällige Anordnung der Stichproben ist daher nicht vollumfänglich gegeben.

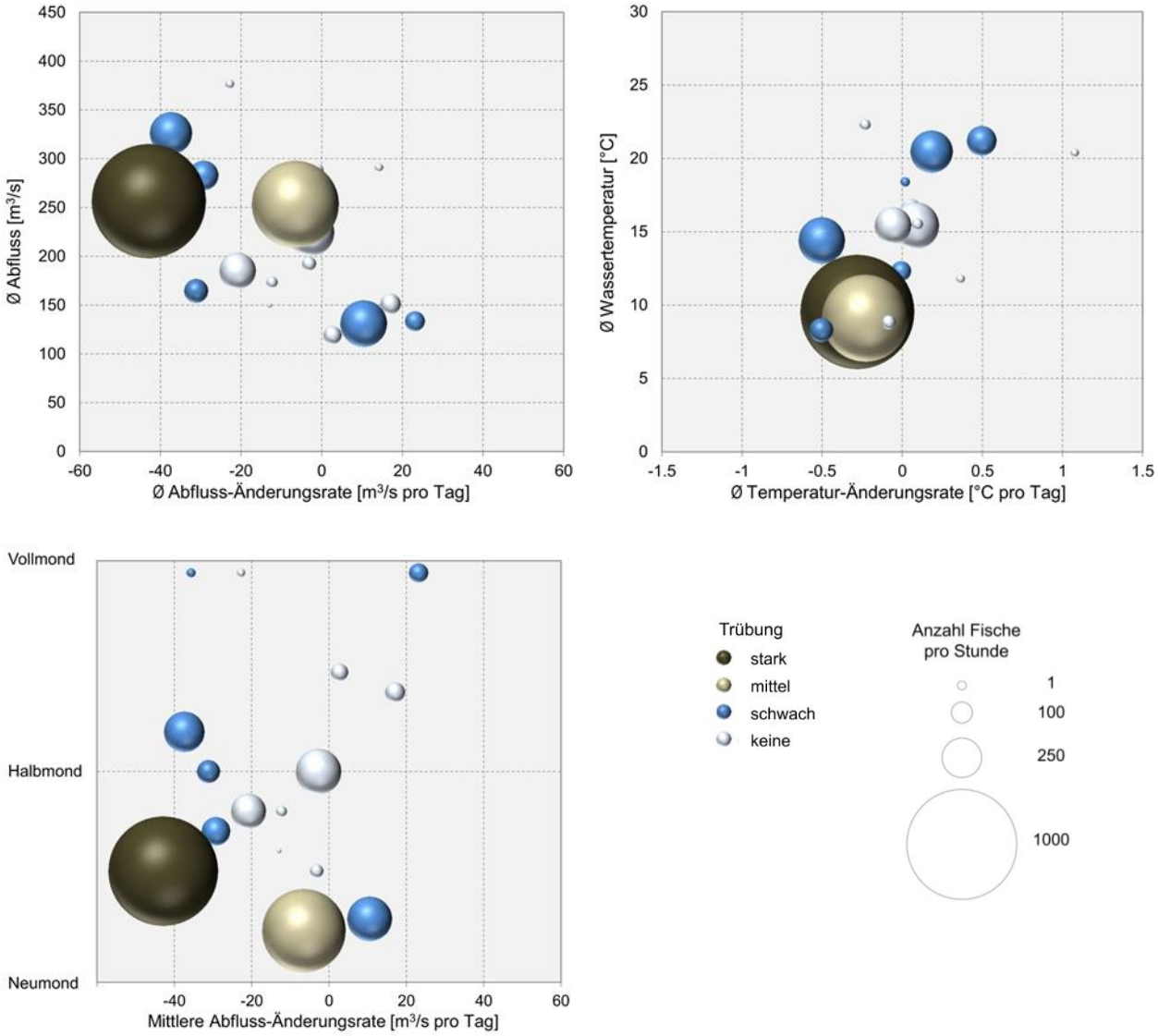

Abb. 7.34 Anzahl registrierter Fische pro Stunde (Grösse der Kreise) in Abhängigkeit der Trübung (Färbung der Kreise), des mittleren Abflusses und der Abfluss-Änderungsrate (xy-Achsen oben links), der mittleren Wassertemperatur und der mittleren Temperatur-Änderungsrate (xy-Achsen oben rechts) sowie der Mondphase in Kombinaten mit der mittleren Abfluss-Änderungsrate (xy-Achsen unten links).

Axpo - Internal

7.6.2 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Das Zusammenspiel zwischen Wassertemperatur, Abfluss und Trübung als Auslöser für vermehrtes Abwandern der Fische konnte auch beim Kraftwerk Stroppel festgestellt werden [2]. Im Anschluss an Abflusserhöhungen, welche oft mit trüberem Wasser einhergehen, setzte vermehrter Abstieg ein. Auch die Temperatur spielte beim Kraftwerk Stroppel eine wichtige Rolle, zumal vermehrter Abstieg erst im Herbst bei Wassertemperaturen unter 13.5°C festgestellt wurde. Die Mondphase hingegen förderte beim Kraftwerk Stroppel keine Erhöhung der Abstiegsaktivität, während beim DKW Rüchlig, insbesondere im August, der Leermond der einzige auffällige äussere Faktor darstellte, welcher das Wanderverhalten hätte beeinflussen können.

7.6.3 Fazit Analyse der äusseren Faktoren

Es hat sich gezeigt, dass grosse Abwanderungswellen meist bei trübem Abfluss und abklingenden Hochwassern während der kühleren Jahreszeit stattfanden. Ausserdem lagen die Abstiegskontrollen mit grossen Abwanderungszahlen näher bei Neu- als bei Vollmond. Es gilt zu berücksichtigen, dass diese Resultate auf einer relativ kleinen Anzahl Stichproben beruhen und zudem nur für kleine Cypriniden zutreffend sind. Welcher der einzelnen Faktoren welchen Einfluss auf das Wanderverhalten der verschiedenen Arten und Altersstadien ausübt, lässt sich nicht abschliessend beurteilen.

7.7 Verletzungen oder Mortalitäten der via Bypass DKW abgestiegenen Fische und theoretische Mortalitätsraten der anderen Abwärtspassagen beim DKW

7.7.1 Resultate

Von den über 17‘000 mittels Hamen erfassten Fischen wiesen einige äusserlich sichtbare Verletzungen auf. Die Zahl der verletzten Fische liess sich nicht genau bestimmen, da bei Massenabstiegen zur Schonung der Fische nicht alle auf Verletzungen hin untersucht wurden. Die hier aufgeführten Schädigungen können deshalb nicht zuverlässig quantifiziert werden. Tote Individuen wurden jedoch alle erfasst.

Tote Fische

Nebst einigen bereits vom Oberwasser tot angeschwemmten Fischen, wurden insgesamt 40 (rund 0.25%) tote Fische aus dem Hamen entnommen (vgl. Tab. 7.7). Diese Zahl ist sehr tief, vor allem, wenn man zusätzlich berücksichtigt, dass nicht quantifiziert werden kann, welchen Schaden die Fische durch das Handling und die mechanischen Beeinträchtigungen im Hamen selbst erlitten haben.

Im Frühling war vor allem augenfällig, dass die meisten der erfassten toten Fische Fischlarven waren, diese sind infolge des fehlenden oder nur schwachen Schuppenkleides noch viel anfälliger auf mechanischen Belastungen.

Berücksichtigt man nur Fische > 5 cm, beläuft sich der Anteil der tot im Hamen aufgefundenen Fische auf 0.15%.

Axpo - Internal

Monat	Tag	Total Fische	Tote Fische n	Tote Fische [%]	Fischart	LK [cm]
April	**20.**	13	0	0.00		
Mai	**10.**	37	2	5.41	Felchen (Larven)	< 5
Juni	**21.**	27	13	48.15	Rotaugen (Larven)	< 5
	26.	44	4	9.09	Egli	5-10
August	**15.**	611	1	0.16	Alet	> 30
	17.	362	14	3.87	Rotaugen	5-10
September	**04.**	40	3	7.50	Äsche Rotauge Elritze	>30 5-10 5-10
Oktober	**03.**	168	0	0.00		
	10.	906	0	0.00		
	12.-13.	894	1	0.11	Barbe	15-20
	23.	866	0	0.00		
	30.-31.	467	0	0.00		
November	**05.**	110	0	0.00		
	14.	7'003	0	0.00		
	16.	5'149	1	0.02	Rotauge	10-15
	23.	94	1	1.06	Gründling	10-15
	27.	306	0	0.00		
		17'097	**40**	**0.23**		

Tab. 7.7 Anzahl während den Abstiegsversuchen sich tot im Hamen befindende Fische mit deren Art- und Längenklassenzugehörigkeit. Zusätzlich angegeben ist die am jeweiligen Tag gefangene Anzahl Fische und der Prozentsatz der Toten.

Verletzte, noch lebende Fische

Die häufigste Beeinträchtigung war der Schuppenverlust, welcher vor allem bei den Massenabstiegen gehäuft vorkam (vgl. Abb. 7.35). Eine genaue Quantifizierung konnte nicht vorgenommen werden, der Anteil der Fische mit Schuppenverlust dürfte jedoch im tiefen einstelligen Prozentbereich liegen.

Abb. 7.35 Schuppenverluste waren häufige Verletzungen während den Hamenversuchen.

Neben den Schuppenverlusten waren Hämatome im Bereich der Augen, der Kiemen oder der Flossenbasis die häufigsten Verletzungen (vgl. Abb. 7.36). Der Anteil der betroffenen Fische belief sich zwischen 0.1 bis 0.2%. Betroffen waren meistens Cypriniden, wie Rotauge, Gründlinge oder Brachsmen. Die Ursache für die Hämatome dürfte trotz nicht hervorstehender Anlagenteile und gerader Bypassführung auf Kollision mit einem Hindernis zurückzuführen sein. Einzelbeobachtungen von aufgeschwellten Augenrändern (vgl. Abb. 7.36, Rotauge links) lassen die Vermutung aufkommen, dass diese Verletzung auf die hydraulische Belastung, respektive aufgrund von Druckunterschieden bei der Passage der bodennahen Bypassklappe, zurückzuführen sind. Diese Kräfte sind jedoch bei einer Druckhöhendifferenz von 2 m sehr klein und es hätten – falls die hydraulische Belastung eine Ursache sein könnte – deutlich mehr Fische mit denselben Verletzungen nachgewiesen werden müssen.

Axpo - Internal

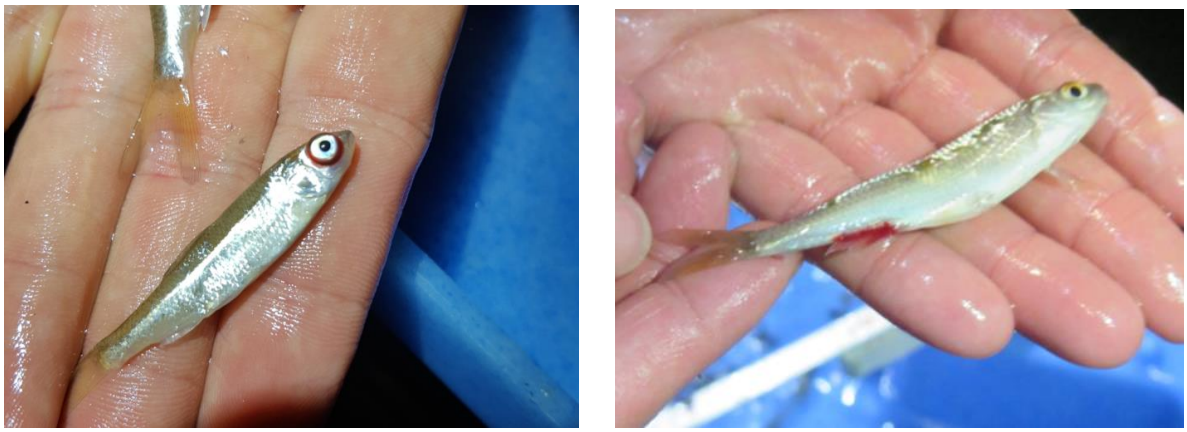

Abb. 7.36 Einzelbeobachtungen von Hämatomen während den Hamenversuchen.

Beim Massenabstieg vom 16. November wiesen einige Fische (vor allem Rotaugen, Lauben und Rotfedern) kleine Schnittwunden in Kombination mit Schuppenverlusten auf (vgl. Abb. 7.37). Diese Verletzungen stammten entweder von der Bypass-Passage selbst oder wurden durch die grossen Abrasions- und Druckkräfte innerhalb der Hamenreuse hervorgerufen. Die oberflächlichen Schnittwunden (vgl. Abb. 7.37 oben links) könnten auch von Verletzungen durch die Stachelstrahlen der sich gleichzeitig im Hamen aufgehaltenen Flussbarsche (Egli) verursacht worden sein.

Abb. 7.37 Grössere, offene Wunden, wie sie am 16. November bei mehreren Fischen festgestellt wurden. Die feinen, schmalen Schnittwunden (oben) rühren vermutlich von der gleichen Ursache her.

Der auffällig höhere Anteil verletzter Fische am 16. November ist vermutlich mit der grösseren Menge an anfallendem Geschwemmsel, wie Laub und kleinen Ästen, sowie der während der Massenabstiege teilweise sehr hohen Anzahl Fische im Hamen zu erklären. In dieser Zeit belief sich die Leerungsfrequenz auf ungefähr 10 Minuten und konnte nicht weiter reduziert werden. Im Rahmen der Wirkungskontrolle zum Fischabstieg beim Kraftwerk Stroppel wurden bei Massenabstiegen im Herbst mit gleichen Lee-

rungsfrequenzen ähnliche Beobachtungen von gehäuften Verletzungen gemacht. Generell kann die Aussage gemacht werden, dass das Verletzungsrisiko mit zunehmender Verweildauer und grösseren Geschwemmselfrachten stark zunimmt.

Am 30. Oktober 2017 wurde ein lebender Aal, jedoch mit abgetrenntem Schwanz, in der Hamenreuse gefangen (vgl. Abb. 7.38). Diese dürften sich bei der Turbinenpassage eines oberliegenden Kraftwerks verletzt haben.

Abb. 7.38 Im Oktober 2017 während den Abstiegsversuchen gefangener Aal mit abgetrenntem Schwanz.

7.7.2 Vergleich mit anderen Abstiegskontrollen

Als Vergleich zum DKW Rüchlig können die Daten aus der Wirkungskontrolle Fischabstieg beim Kraftwerk Stroppel beigezogen werden [2]. Beim Kraftwerk Stroppel wurden aufgrund festgestellter Verletzungen während der Wirkungskontrolle separate Versuche zur Identifikation von Verletzungen durchgeführt. Diese Versuche zeigten, dass sich rund 6% aller Rotaugen und rund 22% aller Lauben schwerwiegende Verletzungen zuzogen. Diese Verletzungen sind auf eine scharfe Kurve in Kombination mit grossen Fliessgeschwindigkeiten zurückzuführen. Entsprechend wird diese Kurve nachträglich umgebaut und entschärft. Beim DKW Rüchlig hingegen wurden schwerwiegende Verletzungen wie Hämatome oder offene Wunden nur im kleinen Promillebereich festgestellt, welche bezogen auf die Gesamtzahl der absteigenden Fische vernachlässigt werden können.

Beim DKW Rüchlig handelt es sich im Gegensatz zum Kraftwerk Stroppel um einen Neubau, womit der Fischabstieg und die Bypassrinne nach den gängigen Empfehlungen realisiert werden konnte (Bypass über eine gerade Linienführung mit grosszügigem Plunge Pool). Auch wurde darauf geachtet, dass keine Strukturen hervorstehen, an welchen Fische aufschlagen und sich verletzen können. Es wurden jedoch trotzdem einzelne teils stark verletzte Fische gefangen, wobei die Stelle einer allfälligen Kollision nachträglich nicht erklärbar ist.

7.7.3 Abwanderungskorridore und Gesamtüberlebensrate beim DKW Rüchlig

Im nachfolgenden Kapitel wird für das DKW Rüchlig eine Gesamtbetrachtung der Überlebensrate für abwandernde Fische gemacht. Hierbei wird gezeigt, welche Abstiegskorridore den Fischen beim DKW Rüchlig zur Verfügung stehen und was diese für die Fische jeweils bedeuten. Mit der durchgeführten Wirkungskontrolle konnte nicht quantifiziert werden, wie die Verteilung der abwärts wandernden Fische zwischen den einzelnen Abwanderungskorridoren ist. Im Folgenden wird die Situation beim DKW detailliert analysiert.

Beim DKW Rüchlig stehen den Fischen theoretisch folgende Abstiegsmöglichkeiten zur Verfügung:

- via Fischabstieg resp. Bypass
- via Turbine (Lichter Stababstand Horizontalrechen = 20 mm)
- via Fischaufstiegshilfen des DKW

Axpo - Internal

Zusätzliche Abstiegswege beim gesamten Kraftwerk Rüchlig sind die Turbinenpassage beim HKW oder bei einer Wasserführung > 400 m³/s das Stauwehr in der Restwasserwasserstrecke und in Ausnahmefällen die Fischaufstiegshilfe beim HKW sowie der Frey-Kanal am rechten Ufer oberhalb des Stauwehrs.

Passage via Bypass

Wie die vorgängig im Bericht erläuterten Resultate zeigten, nutzen die Fische diesen Abstiegsweg, die Details sind den vorgängig geschriebenen Kapiteln zu entnehmen.

Rechen-/Turbinenpassage

Beim Horizontalrechend des DKW Rüchlig handelt es sich nicht um einen Schutzrechen, sondern um einen horizontalen Leitrechen mit 20 mm lichtem Stababstand. Mit der Annahme, dass bei Fischen im Mittel die Körperhöhe rund 20% und die Körperbreite rund 10% der Körperlänge entspricht, können alle aufrecht schwimmenden Fische > 10 cm Totallänge (= 2 cm Körperhöhe) an der Rechenpassage gehindert werden. Drehen sich die Fische jedoch am Rechen um 90° schräg ab, können Fische bis maximal 20 cm Totallänge (= 2 cm Körperbreite) den Rechen passieren.

Betrachtet man die theoretische Turbinenmortalität beim DKW gemäss Larinier & Travade (2002) führt die Turbinenpassage beim DKW Rüchlig – je nach Grösse der Fische – zu einer Mortalität von 7.3 bis 9.5% (vgl. Abb. 7.39) für Fische mit einer Körperlänge zwischen 10 und 20 cm. Das Modell nach Larinier & Travade (2002) wurde eigentlich für Salmoniden entwickelt, kann aber für andere Fischarten in dieser Grössenklasse ebenfalls als Richtgrösse beigezogen werden.

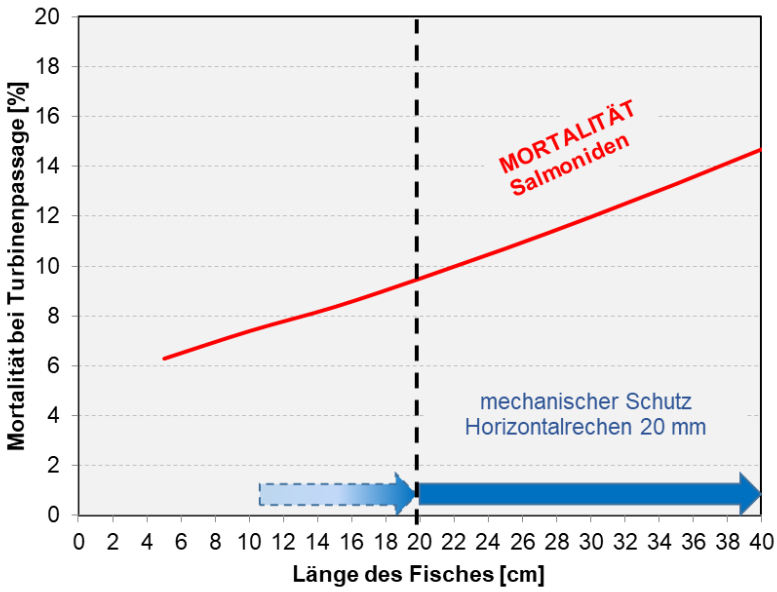

Abb. 7.39 In Abhängigkeit der Körperlänge errechnete theoretische Mortalitäten der Fische bei einer Turbinenpassage beim DKW Rüchlig (rot). Zusätzlich angegeben ist der mechanische Schutz des Horizontalrechens welcher die Passage der Fische verhindert ab 10 cm teilweise, ab 20 cm vollkommen unterbindet.

Theoretisch könnten also alle Fische < 10 cm Totallänge den Rechen passieren. Fische < 20 cm können in Schräglage den Rechen passieren. Die Resultate der Hamenversuche zeigten aber, dass rund 96% der via Bypass abgestiegenen Fische < 10 cm waren und somit aufgrund der Körperdimensionen den Rechen ohne Probleme hätten passieren können.

Gemäss Konzept waren bei der Wirkungskontrolle beim DKW Rüchlig keine Untersuchungen hinsichtlich Quantifizierung der Rechenpassage vorgesehen. Es ist aber bekannt, dass kleine Fische die Rechen trotzdem passieren, wenn sie nicht mittels Leitrechen schnell genug in Richtung Bypasseinstieg geleitet werden und diesen dann auch für den Abstieg annehmen. Die durchgeführten ARIS-Untersuchungen vor dem Rechen des DKW Rüchlig können diese Frage nicht beantworten, auch wenn bei der durchgeführten Stichprobe keine Fische gesehen wurden, welche den Rechen passierten. Dazu hätten detailliertere

Axpo - Internal

Untersuchungen wie beim Kraftwerk Stroppel durchgeführt werden müssen, bei welchem über alle Untersuchungsblöcke 7 Videokammeras am Rechen im Einsatz waren und während ausgewählten Zeiten mit Massenabstiegen das ARIS-Sonar hinter dem Rechen installiert wurde. Bei der Untersuchung beim Kraftwerk Stroppel wurde festgestellt, dass während eines Massenabstiegs von 6‘239 Kleinfischen in derselben Zeitspanne 1.6 bis 3.2% der Fische den Rechen passierten.

Passage via Fischaufstiegshilfe

Im Rahmen der Wirkungskontrolle Fischaufstieg wurden PIT-Untersuchungen gemacht [8]. Werden die Resultate nun bezüglich der abgestiegenen Fische ausgewertet finden wir insgesamt vier Barben von 13 cm bis 31 cm Länge, welche den Fischpass vom Oberwasser her abwärts passierten. «Umkehrer», welche nach einem Aufstieg unmittelbar wieder abgestiegen sind, sind von dieser Auswertung ausgeschlossen. Es zeigte sich auch, dass die grösseren Individuen den Fischpass von oben nach unten schneller passierten (8 Minuten), als die kleinen (1 Stunde 22 Minuten).

Theoretische Gesamtüberlebensrate beim DKW Rüchlig

Nachfolgend wird eine Abschätzung gemacht, wie die theoretische Gesamtüberlebensrate beim DKW Rüchlig ist. Hierfür wird ein fiktives Beispiel mit 1'000 abwärtswandernden Fischen angeschaut. Diese Fische passieren den Rechen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit. Gemäss den Untersuchungen beim Kraftwerk Stroppel passierten 1.6 bis 3.2% der Fische den Rechen, für die vorliegende Abschätzung wird ein Wert von 3% angenommen. Weiter werden fiktive Wahrscheinlichkeiten, mit welchen Fische den Rechen passieren, von 10, 25 und 50% angenommen. Gelangen die Fische in den Fischabstieg resp. in den Bypass wird angenommen, dass die Überlebensrate für diesen Abstiegskorridor 100% beträgt. Bei einer Turbinenpassage wird eine Überlebensrate von 90.5% angenommen (entspricht einer Mortalität von 9.5% für Fische mit einer Länge von 20 cm gemäss Abb. 7.39). Die Fischaufstiegshilfe wird nicht gesondert als Abstiegskorridor betrachtet, da dieser Abstiegskorridor eine untergeordnete Rolle spielt.

In Tab. 7.8 ist die Gesamtüberlebensrate beim DKW Rüchlig in Abhängigkeit einer fiktiven Annahme der Rechenpassage dargestellt.

	3% durch Rechen		10% durch Rechen		25% durch Rechen		50% durch Rechen	
	Bypass	Turbine	Bypass	Turbine	Bypass	Turbine	Bypass	Turbine
Anzahl Fische vor DKW	970	30	900	100	750	250	500	500
Überlebensrate	100%	90.5%	100%	90.5%	100%	90.5%	100%	90.5%
Anzahl Fische DKW passiert	970	27	900	91	750	226	500	453
Gesamtüberlebensrate	**99.7%**		**99.1%**		**97.6%**		**95.3%**	

Tab. 7.8 Gesamtüberlebensrate beim DKW Rüchlig. Fiktives Beispiel mit 1'000 Fischen, welche mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit den Rechen resp. den Fischabstieg passieren.

Wie das Beispiel in Tab. 7.8 zeigt, ist die Gesamtüberlebensrate für Fische mit einer Länge von 20 cm mit der Annahme gemäss den Untersuchungen beim Kraftwerk Stroppel, dass 3% der Fische den Rechen passieren, mit 99.7% sehr hoch. Wird die Anzahl Fische, welche den Rechen passieren erhöht, nimmt auch die Gesamtüberlebensrate stetig ab. Wenn 50% der Fische den Rechen passieren würden, wäre die Gesamtüberlebensrate trotzdem immer noch bei rund 95.3%. Die Erfahrungen beim Kraftwerk Stroppel, aber auch die beim DKW Rüchlig festgestellten Grössenklassen bei den Zählungen sowie die kurzen ARIS-Untersuchungen vor dem Rechen lassen aber den Schluss zu, dass die Wahrscheinlichkeit, dass Fische den Rechen passieren eher im Bereich zwischen rund 3 bis 10% liegen dürfte, womit die Gesamtüberlebensrate über 99% liegt.

Axpo - Internal

7.7.4 Fazit Verletzungs- und Mortalitätsrisiko beim Abstieg DKW Rüchlig

Die Fische, welche durch den Rechen am Abstieg durch die Turbine gehindert werden und via Bypass in das Unterwasser gelangten, wiesen relativ wenige Verletzungen auf, welche der Passage durch den Bypass zugeschrieben werden können. Gewisse der Verletzungen – insbesondere die Schuppenverluste - wurden mit grösster Wahrscheinlichkeit methodenbedingt auch durch das Handling mit dem Hamennetz verursacht.

Es wurden keine Versuche durchgeführt, welche die effektive Passage durch den Fischabstieg, respektive eine Passage des Horizontalrechens mit 20 mm quantifizieren. Die Turbinenpassage beim DKW können aufgrund des mechanischen Schutzes durch den Horizontalrechen nur Fische bis maximal 20 cm Körperlänge passieren. Trotzdem ist es spannend, eine Abschätzung der Gesamtüberlebensrate am Standort DKW Rüchlig anhand der Fischzählungen und einer theoretisch berechneten Überlebenswahrscheinlichkeit bei einer Turbinenpassage anzustellen: Bei den Untersuchungen am Kraftwerk Stroppel wurde festgestellt, dass während Massenabstiegen rund 1.6 bis 3.2% der Kleinfische den Rechen passierten. Geht man beim DKW Rüchlig von diesem Wert aus (Annahme 3%), dürfte die Gesamtüberlebensrate bei 99.7% liegen. Unter der Annahme, dass 10% aller kleinen Fische den Rechen passieren, liegt diese bei 99.1%, bei einer Rechenpassage von 25% bei 97.6% und bei einer Rechenpassage von 50% immer noch bei 95.3%.

Unter Berücksichtigung der grossen Anzahl im Bypass nachgewiesenen kleinen Fischen und unter der Annahme, dass nur ein kleiner Anteil der absteigenden Fische den Horizontalrechen passieren, konnte für die kleine Grössenklasse die Gesamtüberlebensrate am Standort DKW Rüchlig gegenüber einem Dotierkraftwerk ohne Fischleitrechen um schätzungsweise mindestens 5-10% verbessert werden. Zusätzlich werden keine grösseren Fische an der Turbine verletzt, weil sie physisch nicht den Rechen passieren können.

8. Schlussfolgerungen zur Funktionalität der Fischabstiegsanlage

8.1 Beantwortung der gestellten Fragen

Wie viele Fische wurden bei den Abstiegskontrollen beim DKW erfasst?

Während rund 109.5 Stunden Abstiegskontrollen konnten mehr als 17'000 via Bypass DKW Rüchlig absteigende Fische erfasst werden. Dies entspricht einer relativen Abstiegsrate von durchschnittlich 156 Fischen pro Stunde, respektive 60 Fische pro Stichprobe (Setzen und Heben des Hamens). Die Zahl der abgestiegenen Fische schwankte zwischen den einzelnen Zähltagen beträchtlich. So wurden über 70% der gezählten Fische an zwei Abenden im November erfasst. Im Frühling sind tendenziell wenige Fische abgestiegen als im Sommer und Herbst. Im Winter fanden keine Kontrollen statt. Die Stichprobenzahl ist allerdings zu gering, um die Saisonalität der Abwärtswanderung beim Standort Rüchlig abschliessend zu beurteilen. Andererseits kann aufgrund der kurzen Zähldauer gefolgert werden, dass über ein Jahr betrachtet deutlich mehr Fische beim DKW Rüchlig abwärtswandern, als mittels der hier vorliegenden Untersuchung erfasst wurden. Ausserdem wird der weitaus grössere Anteil des Aare-Abflusses über das HKW geleitet, womit die Anzahl abgestiegener Fische beim DKW nochmals relativiert werden muss.

Welche Arten wurden bei den Abstiegskontrollen beim DKW erfasst?

Von den insgesamt 30 im Rahmen der Wirkungskontrollen der Ausgleichsmassnahmen Kraftwerk Rüchlig [6] [7] in der Aare bei Rüchlig nachgewiesenen Fischarten konnten 22 mittels Abstiegskontrollen erfasst werden. Häufigste Art war mit Abstand das Rotauge (> 90%), gefolgt von Egli, Brachsmen, Hasel und Rotfeder. Auffällig war, dass im Gegensatz zu den Fischaufstiegskontrollen [8], die in der Aare häufigen Arten Alet, Barbe, Elritze und Schneider eher selten im Abstieg vertreten waren. Es wird vermutet, dass diese rheophilen Arten primär der stärkeren Strömung in Richtung HKW folgen und dort absteigen. Erfreulich war ferner der Nachweis einzelner Individuen der «vom Aussterben bedrohten» Nase und der «stark gefährdeten» Äsche in den Abstiegskontrollen.

Axpo - Internal

Welche Stadien wurden bei den Abstiegskontrollen beim DKW erfasst?

95% der erfassten Fische waren kleiner als 10 cm. Grössere Fische (> 20 cm) konnten nur sehr wenige festgestellt werden. Auch mit den ARIS-Sonar-Aufzeichnungen am 10. Oktober 2017 konnte nur ein einzelner grösserer Fisch im Oberwasser nachgewiesen werden. Ob die grösseren Fische den Weg via das HKW wählen oder aufgrund der geringen Stichprobenzahl schlicht verpasst wurden, kann nicht abschliessend beurteilt werden.

Diese Resultate stimmen gut mit anderen Abstiegskontrollen überein, welche ebenfalls vermehrt Klein- resp. Jungfische nachweisen konnten [10] [11] [12] [13]. Gemäss [14] besteht ein Grossteil abwandernder Individuen aus Larven oder Juvenilen; die Körperlänge abwandernder Fische beträgt meist weniger als 15 cm.

Wie verhalten sich Fische vor dem Rechen?

Während eines Massenabstiegs und den durchgeführten Sonar-Untersuchungen hatte es vor der Abenddämmerung viele Fische vor dem Rechen, welche in Gruppen oder grösseren Schwärmen über längere Zeit vor dem Einlaufbereich herumschwammen. Dabei orientierten sie sich an den vorhandenen Strukturen, respektive am Rechen, am Trennpfeiler zwischen Bypass und Wehr, ohne jedoch in grösserem Mass den Bypass zu verwenden. Mit der Abenddämmerung stiegen die Fische dann über den Bypass ab. Nach etwas über 1 Stunde hatte es keine Fischschwärme mehr vor dem Rechen und es wurden nur noch Einzelfische im Fischabstieg festgestellt.

Hier sei erwähnt, dass nur eine Stichprobe mit dem ARIS durchgeführt wurde, womit das oben beschriebene Verhalten wohl nicht für alle Zeiträume repräsentativ ist.

Gelangen absteigende Fische verletzungsfrei ins Unterwasser?

Die absolute Zahl der verletzten Fische liess sich nur bei kleinen Abstiegsraten genauer untersuchen, bei den Massenabstiegen war dies schlichtweg nicht möglich, da durch das zusätzliche Handling der Fische deren Überlebenswahrscheinlichkeit rapide abgenommen hätte. Insgesamt wiesen aber nur wenige Fische Verletzungen auf. Die häufigste Beeinträchtigung war der Verlust von Schuppen. Es wird geschätzt, dass der Anteil der Fische mit Schuppenverlust im tiefen einstelligen Prozentbereich lag. Weitere Verletzungen waren Hämatome (im Bereich der Augen, der Kiemen oder der Flossenbasis) und kleine Schnittwunden. Der Anteil der betroffenen Fische war ebenfalls tief (< 0.2%). Tote Fische wurden kaum festgestellt. Berücksichtigt man nur Fische > 5 cm, beläuft sich der Anteil der tot im Hamen aufgefundenen Fische auf 0.15%.

Es wurden keine spezifischen Abstiegsversuche zur Identifikation von Verletzungen während der Bypasspassage durchgeführt. Aufgrund der festgestellten Verletzungen gehen wir aber davon aus, dass die meisten Verletzungen (insb. Schuppenverluste) mit grösster Wahrscheinlichkeit durch das Handling mit dem Hamennetz verursacht wurden.

Wodurch wird Fischwanderung ausgelöst resp. wann findet Fischabwanderung statt?

Da die Untersuchungsfenster über das Jahr nicht regelmässig verteilt waren ist eine abschliessende Beurteilung schwierig. Es hat sich gezeigt, dass grosse Abwanderungswellen meist bei trübem Abfluss und abklingenden Abflusspeaks während der kühleren Jahreszeit stattfanden. Ausserdem lagen die Abstiegskontrollen mit grossen Abwanderungszahlen näher bei Neu- als bei Vollmond. Es gilt zu berücksichtigen, dass diese Resultate auf einer relativ kleinen Anzahl Stichproben beruhen und zudem nur für kleine Cypriniden zutreffend sind.

Die Aktivität der Abwärtswanderung war jeweils in der Dämmerungsphase bis in die frühen Nachtstunden am grössten. Allerdings wurden auch art- und altersspezifische Unterschiede festgestellt, welche nicht diesem Muster entsprechen.

Welcher der einzelnen Faktoren welchen Einfluss auf das Wanderverhalten der verschiedenen Arten und Altersstadien ausübt, lässt sich nicht abschliessend beurteilen.

Axpo - Internal

Mit der Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel an der Limmat wurden allerdings sehr ähnliche Beobachtungen betreffend Abstieg von kleinen Cypriniden in Zusammenhang mit denselben Umweltfaktoren als Zeitgeber wie beim DKW Rüchlig gemacht. Mit mehr solchen Feststellungen zum Abwanderverhalten von Fischen könnten langfristig Überlegungen angestellt werden, wie mit betrieblichen Massnahmen während einer kurzen Dauer sehr viele Fische in das Unterwasser befördert werden könnten. Um solche Massnahmen in Betracht zu ziehen, ist, wie bereits erwähnt, deutlich mehr Know-How zum Abwanderverhalten der Fische notwendig.

8.2 Gesamtfazit der Fischabstiegsanlage beim DKW des Kraftwerks Rüchlig

Im Vergleich zu den wenigen bisher durchgeführten Fischabstiegskontrollen in der Schweiz und Deutschland kann die Zahl der erfassten Fische bei den Abstiegskontrollen beim DKW Rüchlig als relativ hoch eingestuft werden. Genaue Vergleichswerte für die Aare bestehen bis anhin noch nicht. Ausserdem fanden die Zählungen nur beim DKW statt. Der weitaus grössere Anteil des Aare-Abflusses wird jedoch über das Hauptkraftwerk geleitet. Es ist somit wahrscheinlich, dass über das ganze Jahr betrachtet nur ein kleiner Teil der Standort Rüchlig abwärtswandernden Fische mittels der hier vorliegenden Untersuchung erfasst wurde.

Es konnte ein breites Artenspektrum erfasst werden, jedoch konnten nur selten grössere Fische (> 20 cm) festgestellt werden.

Die hier vorliegende Wirkungskontrolle hatte zum Ziel, den Nachweis zu erbringen, dass die Fische via die Fischabstiegsanlage (Bypass) des DKW Rüchlig absteigen. Alles in Allem ist die Realisierung der Fischabstiegsanlage am DKW Rüchlig eine gute Massnahme, um den Abstieg über diese Turbinen zu vermeiden. Auch die Leitwirkung des Horizontalrechens zum Bypass scheint gut zu sein. Zumindest für die kleinen Fische scheint dies gut zu funktionieren, dies obwohl die meisten der im Fischabstieg erfassten Fische den Horizontalrechen aufgrund ihrer Körpergrösse hätten passieren können. Das Ausbleiben der grossen Fische bleibt mit den hier vorliegenden Resultaten ungeklärt, könnte aber mit den stärkeren Strömungsgeschwindigkeiten in Richtung HKW erklärt werden. Abgesehen davon könnten grössere Fische den Rechen am DKW Rüchlig nicht passieren, womit sie mindestens vor der Turbinenpassage DKW geschützt sind.

Auch unter der Annahme, dass trotzdem ein Teil der Fische den Rechen und dann die Turbine passiert, können insgesamt relativ hohe Gesamtüberberlebensraten beim DKW Rüchlig angenommen werden. Geht man von einem «Worst case» mit einer Passage von 50% durch den Rechen aus, was nicht den Beobachtungen – weder beim Kraftwerk Stroppel, noch beim DKW Rüchlig – entspricht, würde die Gesamtüberlebensrate immer noch bei über 95% liegen.

9. Empfehlungen

9.1 Planung von Fischabstiegshilfen

Das Hauptziel der Wirkungskontrolle bestand primär darin zu untersuchen, ob und wie viele Fische den Horizontalrechen wahrnehmen, sich zum Bypass leiten lassen, in diesen einsteigen und so schlussendlich den sicheren Abstieg in das Unterwasser finden.

Obwohl beim DKW Rüchlig keine Sonaraufnahmen hinter dem Rechen stattgefunden haben, darf davon ausgegangen werden, dass die Leit- und Schutzfunktion des Rechens beim DKW Rüchlig gut ist. Dies u.a. aufgrund der hohen nachgewiesenen Abstiegszahlen von Kleinfischen sowie den Sonaraufnahmen vor dem Rechen, welche darauf hinweisen, dass die Fische die oberflächen- und bodennahen Bypasseinstiege gut und ohne Zeitverzögerung finden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Fischabstiegsanlage in dieser Hinsicht nach dem aktuellen Stand der Technik in Anlehnung an die funktionierende Fischabstiegsanlage in Halle Planena an der Saale (Deutschland) geplant wurde, es wurden alle wichtigen physikalischen Randbedingungen wie der Anströmwinkel des Rechens, die Fliessgeschwindigkeiten und die Positionierung des Bypasses am Ende des schräg in der Strömung stehenden Rechens in der Planung berücksichtigt.

Axpo - Internal

Im Vergleich zur Wirkungskontrolle beim Fischabstieg des Kraftwerks Stroppel wurden praktisch keine verletzten Fische registriert, welche auf die Bypasspassage zurückführen sind. Dies ist v.a. auf die nahezu gradlinige Linienführung des Bypasses zurückzuführen. Eine gerade Linienführung resp. die Einhaltung von grosszügigen Radien bei notwendigen Krümmungen wird empfohlen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn es die Platzbedingungen erlauben.

Bei bestehenden Kraftwerken ist es aufgrund der Bausubstanz resp. baulicher Einschränkungen oft schwierig, alle Randbedingungen – wie in der Literatur empfohlen – zu berücksichtigen. Trotzdem ist darauf zu achten, dass schlussendlich nicht aufgrund von bautechnischen Schwierigkeiten oder finanziellen Gründen (Verhältnismässigkeit) von den Empfehlungen abgewichen wird und anschliessend der Fischabstieg nicht funktioniert oder sogar Fische im Bypass oder bei der Rückgabe ins Unterwasser verletzt werden. In solchen Fällen sollte frühzeitig beurteilt werden, ob mit allfälligen Abweichungen von den Empfehlungen mit zwar geringeren Kosten, aber schlussendlich auch geringerem ökologischen Mehrwert, die Verhältnismässigkeit der Massnahme trotzdem gegeben ist.

9.2 Wirkungskontrollen von Fischabstiegshilfen

Bei der Planung und Realisierung von Wirkungskontrollen war und ist die Erfahrung nach wie vor klein. Mit der schweizweit zweiten durchgeführten Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Rüchlig konnten aber weitere gute Erfahrungen gesammelt werden, welche auf der ersten durchgeführten Wirkungskontrolle am Kraftwerk Stroppel (vgl. [2]) aufbauen. Zu diesen Erfahrungen zählen insbesondere folgende Punkte:

- Die Einrichtungen für die Durchführung der Wirkungskontrolle muss bereits während der Planung der Fischabstiegsanlage konzeptionell angedacht werden. Dies war beim DKW Rüchlig der Fall, indem bereits in der Planung eine Betonplattform für das Handling des Hamens vorgesehen war und auch die Aussparungen für das Setzen des Hamens (Dammbalkennut des Bypasses) am richtigen Ort geplant und realisiert wurden. Nachträgliche Bauten von Einrichtungen für die Durchführung der Wirkungskontrolle sind teils sehr zeit- und kostenintensiv, wie dies die Wirkungskontrolle beim Kraftwerk Stroppel gezeigt hatte.
- Im Sinne einer Optimierung der Aussagekraft der Resultate und der Einsparung von Kosten hat sich die Durchführung von Stichproben bewährt. So konnten über das Jahr hinweg mehrere kurze Einblicke in die Wanderaktivität der Fische gegeben werden. Allerdings fehlen nach wie vor einzelne Informationen zur Wanderaktivität insbesondere von grösseren Fischen, ob und wann sie überhaupt absteigen und ob sie auch den Bypass beim DKW Rüchlig annehmen. Eine kontinuierliche Zählung von Fischen mittels Hamen über eine lange Zeitperiode ist aufgrund der Intensität der Leerungen und entsprechend des sehr grossen personellen Aufwandes kaum machbar. In dieser Hinsicht sollen die aktuell unter Dachherrschaft des Verbandes Aare/Rheinwerke (VAR) laufenden Telemetrieuntersuchungen bei der KWWB Villnachern AG und dem Wehrkraftwerk Bannwil der BKW weitere Erkenntnisse zum Wanderzeitpunkt und zu den Wanderwegen grösserer Fische liefern.

Basierend auf den Erfahrungen der Wirkungskontrollen bei den Fischabstiegsanlagen Stroppel und Rüchlig können folgende Empfehlungen für die Durchführung weiterer Wirkungskontrollen Fischabstieg gegeben werden:

Konzept für die Identifikation von allfälligen Verletzungen bei der Bypasspassage

Vor der Durchführung der Wirkungskontrolle soll immer ein Konzept für die Identifikation von allfälligen Verletzungen bei der Bypasspassage ausgearbeitet und – in Absprache mit den Behörden – umgesetzt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn aufgrund von Platzverhältnissen keine gerade Linienführung des Bypasses realisiert werden konnte resp. andere bauliche Kompromisse nötig waren.

Sonar-Untersuchungen hinter dem Rechen

Beim DKW Rüchlig war nicht vorgesehen, respektive es wäre aufgrund der gegebenen Bausubstanz unverhältnismässig gewesen, hinter dem Rechen nach Fischen Ausschau zu halten, welche den Rechen passiert haben. Von daher bleibt die Frage offen, wie viele Fische den Rechen trotzdem passiert haben,

obwohl die Gesamtabstiegszahl über den Bypass verhältnismässig sehr hoch war. Beim Kraftwerk Stroppel wurden solche Abschätzungen mittels Sonar gemacht, indem die Anzahl gesichtete Fische der Gesamtzahl der im Bypass während Massenabstiegen gezählten Fischen gegenübergestellt werden konnte. Bei zukünftigen Wirkungskontrollen ist zu prüfen, ob während Massenabstiegen über den Bypass auch die Fischaktivität hinter dem Rechen untersucht werden kann resp. ob dies mit verhältnismässigem Aufwand möglich ist. Beim DKW Rüchlig wird davon ausgegangen, dass die Leitfunktion des Rechens gut war und nur wenige Fische den Rechen passierten. Trotz allem wird mit Leitrechen nie ein vollständiger Schutz für Fische erreicht.

Zeitpunkt der Abstiegsuntersuchungen

Der Fokus von Wirkungskontrollen liegt oft in der Frage, ob Fische die Fischabstiegsanlage passieren. Entsprechend ist der Fokus auf kleine Fische zu legen, womit in Gewässern mit einem gemischten Fischbestand die Durchführung von Stichproben auf den Herbst gelegt werden soll. Allerdings haben alle Gewässer unterschiedliche Charakteristiken, womit der genaue Zeitpunkt der Durchführung der Wirkungskontrolle immer im Ermessen des Experten liegt. Kurze Stichproben können auch hier helfen, den genauen Zeitpunkt zu erkennen.

Anzahl der Abstiegsuntersuchungen

Die Anzahl der durchzuführenden Stichproben hängt von der Fragestellung der Wirkungskontrolle ab. D.h., dass gute Resultate bei Massenabstiegen dahingehend interpretiert werden können, dass die Fischabstiegsanlage gut funktioniert und keine weiteren Stichproben durchgeführt werden müssen, oder dann der Fokus in andere Jahreszeiten verlegt werden kann, um weiteres Know-How zum Wanderverhalten der Fische zu generieren.

Wichtigkeit von weiteren Abstiegsuntersuchungen

Auch könnte in Zukunft die Tendenz aufkommen, dass aufgrund der hohen Kosten von ein paar wenigen durchgeführten Wirkungskontrollen von Fischabstiegsanlagen auf eine Wirkungskontrolle verzichtet werden soll. Da jede Fischabstiegsanlage einen Einzelfall darstellt und alle Gewässer unterschiedlich sind, empfiehlt es sich trotzdem, während den nächsten Jahren weitere umfangreiche Wirkungskontrollen von Fischabstiegsanlagen durchzuführen. Dies auch mit dem Hintergrund, dass aktuell mit jeder durchgeführten Wirkungskontrolle weitere Hinweise für Optimierungen von laufenden Planungen von Fischabstiegsanlagen erzielt werden können und zusätzliches Wissen über das Verhalten der Fische beim Abstieg erlangt werden kann.

Axpo - Internal

Literatur

[1] Ebel, G. (2013). Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, Handbuch Rechen- und Bypasssysteme, Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Mitteilung aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischer

[2] Aquarius & Axpo Power AG (2018). Axpo Kleinwasserkraft AG: Kleinwasserkraftwerk Stroppel - Wirkungskontrolle Fischabstieg am Horizontalrechen mit Bypass. H 16674. 04.09.2018

[3] Axpo Power AG (2014). Kraftwerk Rüchlig – NERU New Design 2010: Monitoring Fischwanderung. Ergänzungsbericht für Finanzierungsantrag Swissgrid. H 15728. 01.09.2014

[4] VAW (2011). Kraftwerk Rüchlig. NERU New Design 2010. Hydraulische Modellversuche zur erneuerung des Kraftwerks Rüchlig in Aarau. Band4. Hydraulische Modellversuche Dotierkraftwerk mit Fischabstiegs- und Spülkanal. VAW 4287-D. Zürich, März 2011

[5] ARIS 3000 Sonar Gebrauchsanweisung von Sound-Metrics (www.sound-metrics.com)

[6] WFN – Wasser Fisch Natur (2015). Kraftwerk Rüchlig (NERU): Ausgangszustand Ökologie 2012 – 2014. H 15787. 30.11.2015

[7] WFN – Wasser Fisch Natur (2019). Kraftwerk Rüchlig AG – Projekt Neubau Kraftwerk Rüchlig (NERU): Ökologische Ausgleichsmassnahmen. Wirkungskontrolle 1 (2017). H 17367. 19.12.2019

[8] WFN – Waser Fisch Natur AG (2019). Kraftwerk Rüchlig AG: Wiederherstellung der Fischwanderung. Fischaufstiegshilfen beim Haupt- und Dotierkraftwerk – Wirkungskontrolle. H 17330. 18.12.2019

[9] DWA (2014). Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA); Merkblatt DWA-M 509; Hennef, 2014

[10] Schmalz, W. & Schmalz, M. (2007). Durchführung systematischer Untersuchungen zur Konzeption funktionsgerechter Wanderhilfen im Bereich von Wasserkraftanlagen am Beispiel der Wasserkraftanlage Camburg/Döbritschen (Thüringen). Abschlussbericht Az: 1

[11] Schmalz, W. (2010). Methodenuntersuchungen bzgl. Fischschutzuntersuchungen HWS Hitzacher. im Auftrag Jeetzeldeichverband, Lüneburg.

[12] Schmalz, M. (2012). Optimierung von Bypässen für den Fischabstieg. Abschlussbericht Az 26632 - 24/0

[13] Edler, Ch., Diestelholz, O. & Kock, M. (2011). Untersuchungen zur Abwanderung und Schädigung von Fischen an der Wasserkraftschnecke Rhede-Krechting, Bocholter Aa (Kreis Borken). Abschlussbericht im Auftrag des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V.

[14] Reckendorfer, W. (2014). Potamodrome Fischarten. Populationsökologie. Präsentation Forum Fischschutz und Fischabstieg, Erfurt, 23.09.2014.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1 Übersicht der Anlageteile des Kraftwerks Rüchlig [AGIS, Zugriff 18.09.2018] 6

Abb. 3.2 Links: Physikalische Modell des finalen Designs. Rechts: Geschwindigkeitsverteilung senkrecht zur Rechenebene (vx) des finalen Designs beim Lastfall Q_m der Aare (302 m³/s) [4]. 7

Abb. 3.3 Übersicht Fischabstieg DKW Rüchlig (Fliessrichtung von links nach rechts). Oben Situation mit den relevanten Anlageteilen, unten Längsschnitt vom Oberwasser entlang des Horizontalrechens und durch den Bypass ins Unterwasser. 7

Abb. 3.4 Rechenprofil mit einer Stabbreite von 20 mm und Stabtiefe von 60 mm. Der lichte Stababstand beträgt 20 mm. 8

Abb. 3.5 Horizontalrechen während der Bauphase. Im Hintergrund ist der Einlauf in den Bypass zu erkennen, die Aalschwelle ist mit Brettern überdeckt. 9

Abb. 3.6 Spülrinne vor dem Horizontalrechen des DKW. Links: 3D-Modell der Spülrinne, rechts: Schnitt durch die Spülrinne im Bereich vor dem Horizontalrechen mit Halbschalengeometrie (rot; die ursprünglich betonierte Halbschale ist schraffiert dargestellt). 9

Abb. 3.7 Links: Luftaufnahme des DKW, gut zu erkennen ist der rote Schwemmholzkran der RRM. Rechts: Blick entlang des Horizontalrechens, links zu erkennen ist der Reinigungsarm der RRM. 10

Abb. 5.8 Betonplattform an Ende des Bypasskanals für die Durchführung der Wirkungskontrolle. 12

Abb. 5.9 Links: Technische Funktionskontrolle am 6. Oktober 2015: Setzen des Hamens, Arbeitsplattform und Leiter ersichtlich. Rechts: Probebetrieb für die Zählungen am 29. März 2017. 12

Abb. 5.10 Links: Setzen des Hamens mittels Gabelstapler. Rechts: Hamen in der Dammbalkennut im Bypass eingesetzt. 13

Abb. 5.11 Links: Hamenreuse, rot ist die sogenannte Steertreuse dargestellt (der Bereich wo die Fische schlussendlich hingelangen und entnommen werden). Rechts: Befestigung der Hamenreuse am Stahlrahmen. 13

Abb. 5.12 Hälterungstanks auf dem DKW. Rechts: Verdunkelung der Tanks mittels Blachen. 14

Abb. 5.13 Schematische Darstellung der Funktionsweise des Sonars (Abbildung aus [5]). 14

Abb. 6.14 Impressionen der Zählungen resp. der Entleerung des Hamens. Es kam oft vor, dass einige Fische nicht bis ganz ans Ende des Hamens gelangen, diese mussten via Reissverschluss entnommen werden. 16

Abb. 6.15 Links: Arbeiten bei Nacht resp. Dunkelheit sind bei Fischabstiegszählungen normal. Es wurde dabei darauf geachtet, dass im Oberwasser nahe des Rechens resp. Einstiegs in den Bypass keine Lichtquellen waren, welche das Verhalten der Fische störten konnte. Rechts: Das Ende der Steertreuse konnte mit einem einfachen Mechanismus geöffnet werden, Fische aber auch Geschwemmsel wurden daraufhin in ein Wasserbecken gegeben. 16

Abb. 6.16 Dokumentation der abgestiegenen Fische. Neben der Art und einer groben Grösseneinteilung wurden auch weitere Eigenschaften, wie Verletzungen, Krankheiten etc. dokumentiert. 16

Abb. 6.17 Abfluss- (KW Rüchlig) und Temperaturganglinie (BAFU, Brugg) der Aare 2017 (Tagesmittelwerte) sowie Zeitpunkte der Abstiegskontrollen. 18

Abb. 6.18 Oben: Bei Massenabstiegen mit grossem Geschwemmselanfall musste zum Wohle der Fische schnell gehandelt werden. Fische konnten zwischenzeitlich nur noch

fotografiert und anschliessend am Bildschirm ausgezählt werden. Unten: Vermessung einer grösseren Nase (links), Fische im Schauglas (rechts). 19

Abb. 7.19 Anzahl erfasste Fische absolut (grüne Säulen) und relativ pro Stunde (rote Vierecke) während der einzelnen Abstiegskontrollen im 2017. 20

Abb. 7.20 Im Rahmen der Abstiegsuntersuchungen (Total 109.5 Stunden) mittels Hamen erfasste Fische, aufgetragen nach Häufigkeit und Fischart. * Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten. 22

Abb. 7.21 Relative Häufigkeit der bei den einzelnen Abstiegskontrollen erfassten Fischarten. * Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten. 23

Abb. 7.22 Relative Häufigkeiten der verschiedenen Fischarten in den Untersuchungen DKW für den Aufstieg (grün) sowie den Abstieg (schwarz). Dargestellt sind diejenigen Arten, deren Anteil im Auf- oder Abstieg mindestens 0.5% betrug. 26

Abb. 7.23 Relative Häufigkeit der verschiedenen Fischarten im Rahmen der Fischabstiegskontrollen des DKW Rüchlig (schwarz) sowie des Kraftwerks Stroppel (orange). Dargestellt sind die 8 häufigsten Arten. 27

Abb. 7.24 Häufigkeit der Rotaugen < 10 cm (oben) und der restlichen Arten < 10 cm (unten) im Jahresverlauf. * Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten. 30

Abb. 7.25 Häufigkeit der einzelnen Arten im Jahresverlauf aufgeteilt nach mittelgrossen 10 - 20 cm (oben) und grossen Fischen > 20 cm (unten). 31

Abb. 7.26 Anzahl Fische über alle Untersuchungsblöcke zusammengefasst (grüne Balken) und Anzahl Stichproben pro Stunde (Hamenentleerungen; rote Linie) in Abhängigkeit zum Sonnenuntergang (Anzahl Stunden vor, respektive nach Sonnenuntergang = schwarze Linie). 33

Abb. 7.27 Diurnalität der erfassten Fische während der einzelnen Abstiegskontrollen (oben) und nach Fischart (unten). 34

Abb. 7.28 Tageszeitlicher Verlauf der abwandernden Fische während den beiden grossen Untersuchungsblöcken am 12./13. Oktober 2017 (oben) um am 30./31. Oktober 2017 (unten). 35

Abb. 7.29 Tageszeitlicher Verlauf der abwandernden Fische während den Massenabstiegen am 14. November 2017 (links) und 16. November 2017 (rechts). 36

Abb. 7.30 Übersicht Fischverhalten vor dem Horizontalrechen beim DKW. Rechts: Übersicht Bewegungsmuster der abwärts-wandernden Fische (Orange: festgestellte Schwimmwege und Abstieg, die Dicke der Pfeile weist auf die Fischmenge hin, welche diesen Weg nutzt; Grün: Stellen, welche die Fische nutzen, um aus dem Bypassbereich schwimmen zu können; Rot: «Point of no return», d.h. Stelle, von welcher kein Fisch zurückgekehrt ist und entsprechend den Bypass benutzt hat. 36

Abb. 7.31 Hamenreusenauszählung am 23. Oktober 2017. 37

Abb. 7.32 Fischschwärme im Bereich vor dem EInlauf in den Bypass. 37

Abb. 7.33 Relative Abstiegsrate (Anzahl Fische pro Stunde) im Vergleich zum Abfluss (Q Aare Rüchlig, Q DKW und Q Stauwehr), der Wassertemperatur (BAFU Messstation Aare Brugg) und der Mondphase. 40

Abb. 7.34 Anzahl registrierter Fische pro Stunde (Grösse der Kreise) in Abhängigkeit der Trübung (Färbung der Kreise), des mittleren Abflusses und der Abfluss-Änderungsrate

(xy-Achsen oben links), der mittleren Wassertemperatur und der mittleren Temperatur-Änderungsrate (xy-Achsen oben rechts) sowie der Mondphase in Kombinaten mit der mittleren Abfluss-Änderungsrate (xy-Achsen unten links). 41

Abb. 7.35 Schuppenverluste waren häufige Verletzungen während den Hamenversuchen. 43

Abb. 7.36 Einzelbeobachtungen von Hämatomen während den Hamenversuchen. 44

Abb. 7.37 Grössere, offene Wunden, wie sie am 16. November bei mehreren Fischen festgestellt wurden. Die feinen, schmalen Schnittwunden (oben) rühren vermutlich von der gleichen Ursache her. 44

Abb. 7.38 Im Oktober 2017 während den Abstiegsversuchen gefangener Aal mit abgetrenntem Schwanz. 45

Abb. 7.39 In Abhängigkeit der Körperlänge errechnete theoretische Mortalitäten der Fische bei einer Turbinenpassage beim DKW Rüchlig (rot). Zusätzlich angegeben ist der mechanische Schutz des Horizontalrechens welcher die Passage der Fische verhindert ab 10 cm teilweise, ab 20 cm vollkommen unterbindet. 46

Tabellenverzeichnis

Tab. 6.1 Untersuchungsblöcke Fischabstieg DKW Rüchlig 2017. Angegeben sind Datum, Beginn und Ende, Dauer (effektive Zeit) und Anzahl Hamenentleerungen, sowie die während der Beprobung vorherrschenden Umweltbedingungen (Q = Abfluss, T = Wassertemperatur; Tagesmittelwerte BAFU Messstation Brugg). Die längeren Untersuchungsblöcke sind dunkelgrau gekennzeichnet. 17

Tab. 7.2 Vergleich der Abstiegszahlen mit anderen Kraftwerksanlagen mit 20 mm Horizontalrechen (NWM = Nutzwassermenge, Q = Abfluss, n = Anzahl, L = Länge). Angaben aus [1] und [2]. 21

Tab. 7.3 Im Rahmen der einzelnen Abstiegskontrollen erfasste Anzahl absteigender Fische aufgeteilt nach Fischart. * Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten. 24

Tab. 7.4 Fischartenspektrum im Konzessionsgebiet des Kraftwerk Rüchlig (Aare), welches im Rahmen der Neukonzessionierung und der Wirkungskontrolle der Ausgleichsmassnahmen [6] [7] nachgewiesen wurde (inklusive Rote-Liste Status (RL) und Beurteilung der Häufigkeit) im Vergleich mit dem durch die Fischzählungen in der Fischaufstiegshilfe des DKW (FAH) [8] und den Hamenversuchen (Bypass) festgestellten Fischartenspektrums und absoluter Häufigkeit 2017. 25

Tab. 7.5 Anzahl erfasste Fische nach Längenklasse und Fischart. * Während des Massenabstieges nicht bestimmbare Fische, welche nachträglich aufgrund der Fotodokumentation mehrheitlich als Rotaugen bestimmt werden konnten. 28

Tab. 7.6 Witterungsbedingungen und Trübungsgrad im Vergleich zur Anzahl registrierten Fischen während den einzelnen Abstiegskontrollen. 39

Tab. 7.7 Anzahl während den Abstiegsversuchen sich tot im Hamen befindende Fische mit deren Art- und Längenklassenzugehörigkeit. Zusätzlich angegeben ist die am jeweiligen Tag gefangene Anzahl Fische und der Prozentsatz der Toten. 43

Tab. 7.8 Gesamtüberlebensrate beim DKW Rüchlig. Fiktives Beispiel mit 1'000 Fischen, welche mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit den Rechen resp. den Fischabstieg passieren. 47

Axpo - Internal