



## Funktions-/Wirkungskontrolle der geplanten Fischaufstiegsanlage am Kraftwerk Reckingen - Monitoringkonzept

### Anlage D10.02

14.12.2018

Berichtverfasser:

***BNGF GmbH***

im Rahmen der

**Arbeitsgemeinschaft Bosch & Partner / BNGF**

Im Auftrag von

Kraftwerk Reckingen AG



# **Neukonzessionierung Kraftwerk Reckingen**

## **Funktions-/Wirkungskontrolle der geplanten Fischaufstiegsanlage am Kraftwerk Reckingen - Monitoringkonzept**

### **Anlage D10.02**

Projektleitung: Klaus Müller-Pfannenstiel, Dr. Kurt Seifert

Bearbeitung: Dr. Kurt Seifert  
Dipl.-Biol. Manfred Ache

## Inhaltsverzeichnis

### Seite

<b>1.</b>	<b>Anlass und Aufgabenstellung.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Ausgangslage und Zielvorgaben .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Ausgangslage.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Zielvorgaben der FAA-Planung und Planungskonzept .....</b>	<b>5</b>
2.2.1	Allgemeine Zielsetzungen .....	5
2.2.2	Zielfischarten.....	6
<b>2.3</b>	<b>Planungskonzept im Zulassungsverfahren .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Monitoringkonzept für die FAA.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen zur Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>Zähleinrichtungen/Methoden: Fischaufstiegszählungen in Zählkammer/Reuse und mittels PIT-Tagging.....</b>	<b>12</b>
3.2.1	FAA (D) rechte Seite .....	12
3.2.2	FAA (CH) linke Seite .....	13
3.2.3	Erläuterungen zur PIT-Tag-Detektion von Fischen.....	14
3.2.4	Fischarten für PIT-Tagging Untersuchungen .....	15
3.2.5	Vorzüge der Kombination aus Zählkammer/Reusen und PIT-Tagging .....	15
3.2.6	Dauer und Ablauf der Funktionskontrolle/des Monitorings.....	16
<b>3.3</b>	<b>Methodik Fischbestandserhebung und Markierung (PIT-Tagging) von Fischen.....</b>	<b>17</b>
<b>4.</b>	<b>Bewertungssystem .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Methodik zur Bewertung koordinierter Fischaufstiegszählungen bei Kraftwerksanlagen an großen Flüssen, insbesondere am Hochrhein (GUTHRUF &amp; DÖNNI 2014).....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>BWK Methodenstandard (Ebel 2006) .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b>Vorschlag zur Kombination beider Methoden.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>Bewertungsschema und Gesamtbewertung .....</b>	<b>32</b>
4.4.1	Bewertungs-/Klassifizierungsschema .....	32
4.4.2	Zusatzbewertung Auffindbarkeit .....	33
4.4.3	Gesamtbewertung-/Klassifizierung .....	34
<b>5.</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>35</b>

## Tabellenverzeichnis

### Seite

<b>Tab. 1:</b> Koordinierte Fischaufstiegszählung Hochrhein 2016/2017, Zählergebnis am Standort KW Reckingen.....	2
<b>Tab. 2:</b> Methoden der biologischen Funktionskontrolle von FAA und deren Eignung zur Bewertung der Effizienz hinsichtlich maßgebender Bewertungsparameter .....	10
<b>Tab. 3:</b> Angestrebte Zahl an Fischen, die mit PIT-Tags versehen werden.....	15
<b>Tab. 4:</b> Mögliche Fehleinschätzung der Größenselektivität dargestellt durch Rechenbeispiele an vier fiktiven FAA einer Kraftwerkskette (n=Anzahl aufgestiegener Fisch, A=Anteil der Größenklasse an der Gesamtzahl) .....	20
<b>Tab. 5:</b> Bewertungsschema nach BWK Methodenstandard (EBEL 2006).....	24
<b>Tab. 6:</b> Bewertungskriterien der Artenselektivität .....	28
<b>Tab. 7:</b> Bewertungskriterien der Längenselektivität gegenüber kleinen Fischen.....	28
<b>Tab. 8:</b> Bewertungskriterien der Längenselektivität gegenüber großen Fischen.....	28
<b>Tab. 9:</b> Bewertungskriterien der Aufstiegszahl A .....	31
<b>Tab. 10:</b> Bewertungskriterien der Aufstiegsdauer D .....	31
<b>Tab. 11:</b> Vorschlag für ein Bewertungs-/Klassifizierungsschema .....	32
<b>Tab. 12:</b> Ermittlung der Wertzahl/Qualitätsklasse .....	32
<b>Tab. 13:</b> Zusatzbewertung: Auffindbarkeitseffizienz für rheophile Charakterarten ( $AE_{rheo}$ ) .....	33
<b>Tab. 14:</b> Gesamtbewertung/-Klassifizierung nach Berücksichtigung der Auffindbarkeitseffizienz $AE_{rheo}$ .....	34

## Abbildungsverzeichnis

### Seite

<b>Abb. 1:</b> Zählergebnis in Reckingen aufgeteilt nach Fischarten und nach Aufstiegsanlage (Kraftwerk/Maschinenhaus und Wehr) .....	3
<b>Abb. 2:</b> Zählergebnis in Reckingen aufgeteilt nach Größenklassen und nach Aufstiegsanlage (Kraftwerk/Maschinenhaus und Wehr) .....	4
<b>Abb. 3:</b> Koordinierte Fischaufstiegszählungen am Hochrhein: April 2016 bis März 2017, Roter Kasten: Zählergebnisse Rheinfelden MH=FAA Maschinenhaus (Kraftwerksseite); W=FAA Wehrseite, BP=Beckenpass, UG=Umgebungsgewässer, VSP=Vertical-Schlitzpass, RG= Raugerinne-Beckenpass, FL= Fischlift (aus: GUTHRUF (2017)) .....	5
<b>Abb. 4:</b> Fischaufstiegsanlage (D), rechte Seite: Bezeichnung der geplanten Zähleinrichtungen für Erfolgskontrolle/Monitoring. ....	12
<b>Abb. 5:</b> Bestehende Fischaufstiegsanlage (CH), linke Seite: Bezeichnung der geplanten Zähleinrichtungen für Erfolgskontrolle/Monitoring. ....	13

## Abkürzungsverzeichnis

ARGE	Arbeitsgemeinschaft
BFE	Bundesamt für Energie (CH)
BGF	Bundesgesetz über die Fischerei (CH)
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz (DE)
BW	Baden-Württemberg
CH	Schweiz
DE	Deutschland
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz (DE)
EnG	Energiegesetz (CH)
FAA	Fischaufstiegsanlage
FB	Fachbericht/Fachbeitrag
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat – Richtlinie
FischG	Fischereigesetz für BW
FSA	Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen
GSchG	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer, Gewässerschutzgesetz (CH)
GSchV	Gewässerschutzverordnung (CH)
fiBS	Fischbasiertes Bewertungssystem zur Ermittlung des ökologischen Zustands/Potentials der Fischfauna
FSA	Fischschutz und Fischabstiegsanlage
FsAM	Fischschonendes Anlagenmanagement
LFischVO	Landesfischereiverordnung BW zul. geändert 2012
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
nSH	neuer Schweizer Horizont
OGewV	Oberflächengewässerverordnung (DE)
OW	Oberwasser
RKR	Rhein-Kraftwerk Reckingen
RKR2020	Vorhaben Neukonzessionierung RKR
RPF	Regierungspräsidium Freiburg (DE/BW)
USchadG	Umweltschadengesetz (DE)
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
UW	Unterwasser
VwV-FischG	Verwaltungsvorschrift des Minist. F. Ländl. Raum u. Verbrauchersch. zur Durchführung des FischG in BW
VVGf	Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (CH)
WG	Wassergesetz für Baden-Württemberg
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (DE)
WKA	Wasserkraftanlage
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (EG)

## Glossar

**Abundanz:** Anzahl der Organismen in Bezug auf eine bestimmte Fläche oder Raumeinheit

**adult:** erwachsen (geschlechtsreif)

**anadrom:** Tiere (Fische), die zur Eiablage aus dem Meer ins Süßwasser ziehen.

**anthropogen:** durch menschlichen Einfluss bedingt.

**Artendiversität:** Artenmannigfaltigkeit, Artenreichtum, Bezeichnung für die Vielfalt in Organismengemeinschaften beurteilt nach Artendichten und Einheitlichkeit der Individuendichten.

**autochthon:** in einem Gebiet selbstständig entstanden, bodenständig, standorttypisch, ursprünglich.

**Autökologie:** Ökologie von Arten; Untersuchung der Anpassung von Arten an ihren Lebensraum.

**benthisch:** den Boden bewohnend.

**Biodiversität:** die über alle biologischen Organisationsebenen hinweg anzutreffende Vielfalt von Organismen (genetische Vielfalt, Vielfalt von Arten, Gattungen, Familien und höheren Taxa), Mannigfaltigkeit von Ökosystemen und Lebensgemeinschaften.

**Biomasse:** Gewicht einer Organismengruppe pro Flächen- oder Volumeneinheit.

**Biozönose:** Lebensgemeinschaft, Gemeinschaft von in Raum und Zeit zusammenlebenden Arten, Artenliste einer Lebensgemeinschaft.

**Cypriniden:** Karpfenartige Fische

**Detritus:** Gesamtheit der toten organischen Partikel, die im Wasser schweben oder am Grund des Gewässers abgelagert sind.

**Diadrom:** Fischarten, die zwischen Meer und Süßwasser wandern

**Eutrophierung:** Nährstoffanreicherung

**Epipotamal:** bei der längszonalen Gliederung von Fließgewässern oberster Abschnitt des Mittellaufs; entspricht in der Fischregionengliederung der Barbenregion.

**Epirhithral:** bei der längszonalen Gliederung von Fließgewässern oberster Abschnitt des Oberlaufs; entspricht in der Fischregionengliederung der Oberen Forellenregion.

**Fischarten:** Die folgende Tabelle listet Fischarten, die im deutschen- und Schweizerdeutschen Sprachgebrauch unterschiedliche Bezeichnungen tragen. Im Sinne einer einheitlichen Bezeichnung, und um Doppelnamen zu vermeiden, werden im weiteren Dokument ausschließlich die in der untenstehenden Tabelle fett gedruckten Fischartenbezeichnungen verwendet.

Allgemeingebräuchliche Namen im deutschen und Schweizer Sprachraum	Wissenschaftliche Namen
<b>Döbel</b> , Alet, Aitel	<i>Squalius cephalus</i>
<b>Flussbarsch</b> , Egli	<i>Perca fluviatilis</i>
<b>Steinbeißer</b> , Dorngrundel	<i>Cobitis taenia</i>
<b>Ukelei</b> , Laube	<i>Alburnus alburnus</i>
<b>Groppe</b> , Koppe	<i>Cottus gobio</i>
<b>Brachsen</b> , Brachsmen	<i>Abramis brama</i>
<b>Quappe</b> , Rutte, Trüsche	<i>Lota lota</i>
<b>Güster</b> , Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>
<b>Gründling</b> , Gressling	<i>Gobio gobio</i>
<b>Rapfen</b> , Schied	<i>Aspius aspius</i>
<b>Rotaugen</b> , Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>

**Gilde:** Gruppe von Arten mit ähnlichen Strategien der Ressourcennutzung oder ähnlichen Lebensformtypen.

**Habitat:** Lebensraum bestimmter Beschaffenheit und Lokalität (auch: Lebensraum einer Art oder eines Organismus).

**Hybride:** Nachkommen genetisch unterschiedlicher Eltern, insbesondere von Eltern, die zu unterschiedlichen Arten gehören.

**Hyporhithral:** bei der längszonalen Gliederung von Fließgewässern unterer Abschnitt des Oberlaufs; entspricht in der Fischregionengliederung der Äschenregion.

**Hypopotamal:** bei der längszonalen Gliederung von Fließgewässern der Unterlauf bzw. die Mündungsregion in das Meer; entspricht in der Fischregionengliederung der Kaulbarsch/Flunderregion.

- indifferent:** Bezeichnung für Organismen, die keine ausgeprägte Präferenz bezüglich eines lebensraumbestimmenden Faktors (z.B. Fließgeschwindigkeit) zeigen.
- Interstitial (hyporheisches):** (durchflossenes) Lückensystem der Gewässersohle (Bettsediment); Hohlraumsystem der Kiesschicht
- juvenil:** jugendlich (nicht geschlechtsreif).
- katadrom:** Tiere, die zur Eiablage aus dem Süßwasser ins Meer ziehen.
- Kolmation:** Verstopfung/Verlegung der Poren im Boden, Verminderung der Durchlässigkeit des Gewässerbodens durch Ablagerungen (äußere K.) und Einlagerungen (innere K.), Abdichtung der Bettsedimente.
- Laterale Konnektivität:** Quervernetzung vom Hauptgewässer mit Seitengewässern
- lenitisch:** durch ruhig fließendes Wasser gekennzeichneter Bereich, in dem Lebewesen, die stehendes oder langsam strömendes Wasser bevorzugen (stagnophil), leben.
- letal:** tödlich
- lithophil:** Bezeichnung für aquatische Organismen, die vorzugsweise auf Steinen vorkommen bzw. Steine (Kies) als Laichsubstrat bevorzugen
- longitudinal:** in der Längsrichtung verlaufend.
- Makrophyten:** submerse Wasserpflanzen mit Körpergliederung in Wurzel, Stamm und Blatt; inkl. Moose und Characeen, lebende Pflanzenteile, Wurzelbärte, Ufergrasbüschel etc.; mit bloßem Auge deutlich erkennbar.
- Makrozoobenthos:** Sammelbezeichnung für wirbellose Tiere, die den Gewässerboden bewohnen und zumindest in einem Lebensstadium mit freiem Auge sichtbar sind.
- Migration:** Wanderung.
- Morphologie:** Wissenschaft von der Form/Gestalt.
- Neozoen:** aus entfernten Gebieten oder anderen Kontinenten nach 1492 (neu) eingewanderte oder eingebürgerte Tierarten.
- Ökosystem:** funktionelle Einheit von Lebewesen und ihrer Umwelt in der Biosphäre, ein offenes System - durch Stoffkreisläufe zur Selbstregulierung befähigt, nie scharf abzugrenzen.
- Physiologie:** Lehre von den physikalischen und biochemischen Vorgängen in den Zellen, Geweben und Organen aller Lebewesen
- Phytobenthos:** Algenaufwuchs des Gewässerbodens
- Phytoplankton:** photoautotrophes Plankton bestehend aus Kieselalgen, Grünalgen, Goldalgen, Dinoflagellaten und Cyanobakterien
- phytophil:** Bezeichnung für tierische Organismen, die mit Vorliebe Pflanzen besiedeln, die der Ernährung, aber auch als Wohn-, Schutz- und Jagdraum dienen; Krautlaicher im Sinne von Reproduktionsgilden.
- Population:** Reproduktionsgemeinschaft in einem abgegrenzten Raum
- potamodrom:** Tiere (Fische), die innerhalb der Binnengewässer Wanderungen durchführen
- Prädation:** Räuberdruck.
- Rekrutierung:** Rekrutierungspotenzial = strukturelle Grundlage (Laichplätze und Brut/Jungfischhabitate und deren räumliche Verknüpfung), welche die Versorgung eines Gewässerabschnittes mit Fischnachwuchs gewährleistet.
- rheophil:** Bezeichnung für Organismen, die sich mit Vorliebe in Gewässern mit starker Strömung aufhalten.
- Rhithral:** sommerkalte (< 20 °C), steinig-kiesige, gefällereiche Region eines Fließgewässers.
- r-Strategie:** Vermehrungsstrategie, Anpassungsstrategie, bei der ein Überschuss an Nachkommen erzeugt wird. Viele dieser Nachkommen fallen der „natürlichen Mortalität“ zum Opfer und nur wenige gelangen sicher zur Fortpflanzung.
- rhithral:** der Rhithralregion zugehörend
- Salmoniden:** forellenartige Fische.
- Saprobie:** Intensität des Abbaus organischer Substanzen durch Stoffwechselvorgänge. Die Saprobie ist ein Komplementärbegriff auf Trophie.
- Smolt:** juveniles Stadium von Lachs oder Meerforelle, das aus dem Süßwasser ins Meer abwandert
- stagnophil:** ruhigwasserliebend.
- Taxonomie:** einheitliche Klassifizierung von Organismen

**Zooplankton:** im Freiwasserraum lebender und mit der Wasserbewegung passiv treibender tierischer Anteil des Planktons (Plankton: Gesamtheit der im Freiwasserraum schwebenden (lebenden) Organismen mit gänzlich fehlender oder nur geringer Eigenbewegung; sie treiben passiv im Gewässer.

## **Allgemeine Hinweise zur Flusskilometrierung:**

1. Die Begriffe Flusskilometer (F-km) und Rheinkilometer (Rhein-km) werden synonym verwendet.
2. Im Untersuchungsgebiet des Projektes RKR2020 im Hochrhein liegen mehrere Systeme der Flusskilometrierung nebeneinander vor:
  - a) Zurzacher Beschluss: Für den Standort der Hochrheinkraftwerke existiert noch die alte Kilometrierung gemäß Zurzacher Beschluss von 1990. Der Standort des RKR liegt gemäß Zurzacher Beschluss bei F-km 90,53, gemäß Kilometrierung nach LUBW 2010 bei F-km 90,1.
  - b) LUBW 2010: Für die Maßnahmenplanungen in den Anlagen D8, D9 und D13.01 bis D13.12 wurden die Kilometrierungsdaten des amtlichen Digitalen Wasserwirtschaftlich-en Gewässernetzes (AWGN) der LUBW (Stand 2010) verwendet.
  - c) Für die Kartierungen und die zugehörigen Fachberichte (Anlagen D7.01 bis D7.05, D7.08 bis D7.13) wurde anhand der F-km Punkte in der Landeskarte 1:25.000 des Schweizer Bundesamts für Landestopografie (swisstopo) eine eigene Flussachse konstruiert (siehe Anlage D7.01 – Fachbericht Fischfauna, Anhang 15 – Übersichtsplan). Die Kilometrierungsdaten in den Fachberichten und den zugehörigen Kartenanhängen beziehen sich auf diese Flussachse und weichen an einigen Stellen von den vollen F-km-Punkten nach swisstopo und LUBW 2010 ab (bis ca.  $\pm 0,1$  km).

## 1. Anlass und Aufgabenstellung

Am 16.03.1926 wurde der Kraftwerk Reckingen AG das Recht verliehen, eine Wasserkraftanlage am Hochrhein bei Reckingen (Rhein-km 90,53 gemäß Zurzacher Beschluss bzw. F-km 90,1 gemäß LUBW 2010) zu errichten und zu betreiben. Die derzeit gültige Konzession endet am 10.10.2020.

Im Rahmen der Neukonzessionierung ist die ökologische Durchgängigkeit am Querbauwerk der Kraftwerks-/Wehranlage der Kraftwerk Reckingen AG wiederherzustellen bzw. die Fischgängigkeit flussaufwärts zu sanieren.

Die Sanierungsverpflichtung ergibt sich aus den Bestimmungen des Schweizerischen Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) und aus den Anforderungen an die Zielerreichung des guten ökologischen Zustandes nach der EU Wasserrahmenrichtlinie bzw. des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes.

Die entsprechende Verfügung des Bundessamtes für Energie (BFE) vom 10. Oktober 2017 verpflichtet die RKR gestützt auf Art. 10 BGF

*„den Fischaufstieg zu planen und dem BFE mit dem Konzessionserneuerungsgesuch ein Variantenstudium und mindestens ein Vorprojekt der Fischaufstiegsanlagen vorzulegen“.*

Zum Nachweis, dass die gute ökologische Durchgängigkeit am Standort KW Reckingen nach Realisierung der FAA nachhaltig gewährleistet ist, wird seitens der beteiligten Behörden und Fachstellen in der Schweiz und in Deutschland die Durchführung eines geeigneten Untersuchungsprogramms (Funktionskontrolle/Monitoring) gefordert.

*„3. Die Kraftwerk Reckingen AG hat dem BFE mit dem Konzessionserneuerungsgesuch einen Vorschlag für die Wirkungskontrolle der geplanten Fischaufstiegsanlagen nach den Vorgaben des BAFU vorzulegen.“ (Verfügung BFE v. 10.10.2017).*

Das Untersuchungsprogramm wird im vorliegenden „Monitoringkonzept“ dargelegt und geht als Bestandteil der Antragsunterlagen in das Zulassungsverfahren ein.

Wesentliche fachliche Grundlagen, die bei der Erstellung des Monitoringkonzeptes berücksichtigt wurden, sind:

BAFU (2016): Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit. Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen. Arbeitsgemeinschaft Handbuch Wirkungskontrollen Fischgängigkeit

EBEL (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel (Heft 2)

GUTHRUF, J. & DÖNNI, W. (2014): Methodik zur Bewertung koordinierter Fischaufstiegszählungen bei Kraftwerksanlagen an grossen Flüssen, insbesondere am Hochrhein. -Fachbericht Aquatica, Fischwerk. p. 27, (Fachbericht Aquatica, Fischwerk).

## 2. Ausgangslage und Zielvorgaben

### 2.1 Ausgangslage

Beim Bau des Kraftwerks Reckingen wurden zwei Fischaufstiegsanlagen errichtet. Eine davon umgeht die Wanderbarriere im Bereich des Krafthauses auf der rechten Flussseite (FAA D), die andere im Bereich des Wehres auf der linken Flussseite (FAA CH).

Beide FAA sind annähernd baugleich. Es handelt sich um sog. konventionelle Beckenpässe, deren Trennwände mit Kronenausschnitten und Schlupflöcher an der Sohle ausgestattet sind. Derzeit werden beide Fischpässe mit Betriebsabflüssen von jeweils ca. 440 l/s beaufschlagt, im Winter mit ca. 200 l/s. Die Beckendimensionierungen und die hydraulischen Kennwerte der beiden FAA entsprechen nicht mehr den heutigen Standards. Nach diesen gelten die beiden FAAs als geometrisch unterdimensioniert (zu geringe Beckenlängen/-breiten: 1,6 x 1,6 m) und als hydraulisch bzw. hinsichtlich der Höhensprünge zwischen den Becken ( $\Delta h$  ca. 0,35 m bei FAA D und 0,25 m bei FAA CH) und Fließgeschwindigkeiten ( $V_{\max}$  Durchlass: 2,62 m/s bei FAA D und 2,21 m/s bei FAA CH) überlastet. Die bestehenden FAA sind somit unter technisch-hydraulischen Gesichtspunkten nur unzureichend funktionsfähig. Bei beiden Anlagen sind Kontroll-Einrichtungen zur Fischzählung in Form von Reusenkontrollfängen vorhanden.

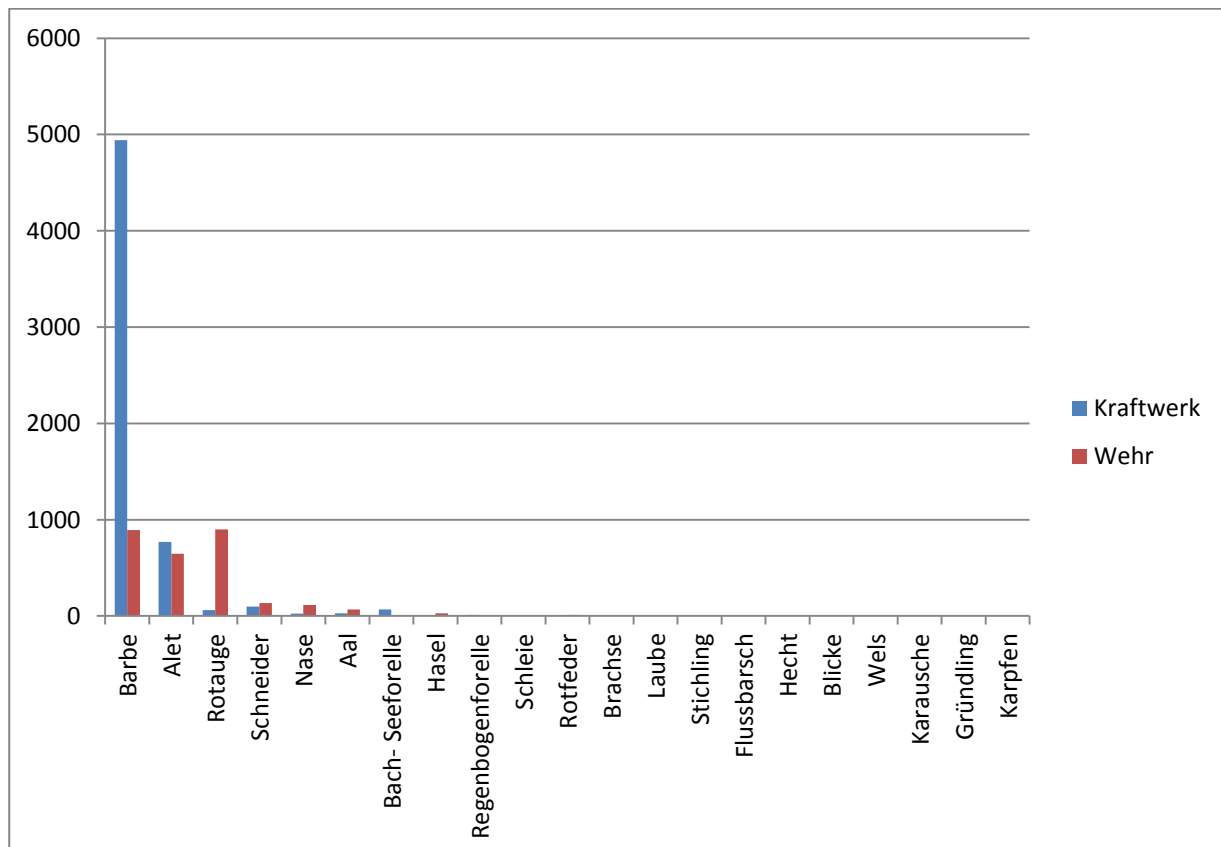
Beide Anlagen am Kraftwerk Reckingen wurden und werden im Rahmen der koordinierten Fischaufstiegszählungen am Hochrhein zusammen mit 14 weiteren FAA an zehn Stauanlagen am Hochrhein zwischen Schaffhausen und Birsfelden seit 1985 im Abstand von ca. 10 Jahren untersucht. Die koordinierten Fischzählungen fanden in den Jahren 1985, 1995, 2005 statt und wurden aktuell erneut zwischen April 2016 bis März 2017 durchgeführt. Bei jeder Untersuchungskampagne wurden innerhalb der jeweiligen Zählperiode die aufsteigenden Fische täglich in Kontrollreusen erfasst.

Im gerade abgeschlossenen aktuellen Zählungsjahr wurden an den beiden FAA in Reckingen zwischen April 2016 und März 2017 insgesamt 8.884 Fische gezählt (Tab. 1). In der FAA auf der Kraftwerksseite (Maschinenhaus) wurden 6.035 aufsteigende Fische festgestellt, dabei dominierten Barben mit ca. 82 %. Auf der Wehrseite waren es 2849 Fische. Dort dominierten Rotaugen mit ca. 32 %.

**Tab. 1:** Koordinierte Fischaufstiegszählung Hochrhein 2016/2017, Zählergebnis am Standort KW Reckingen

Fischart	Anzahl MH [n]	Anzahl Wehr [n]	Gesamt [n]
Barbe	4942	892	5834
Alet, Döbel	768	648	1416
Rotaugen	62	900	962
Schneider	98	133	231
Nase	25	115	140
Aal	29	69	98
Bach-, Seeforelle	67	9	76
Hasel	7	29	36
Regenbogenforelle	10	6	16

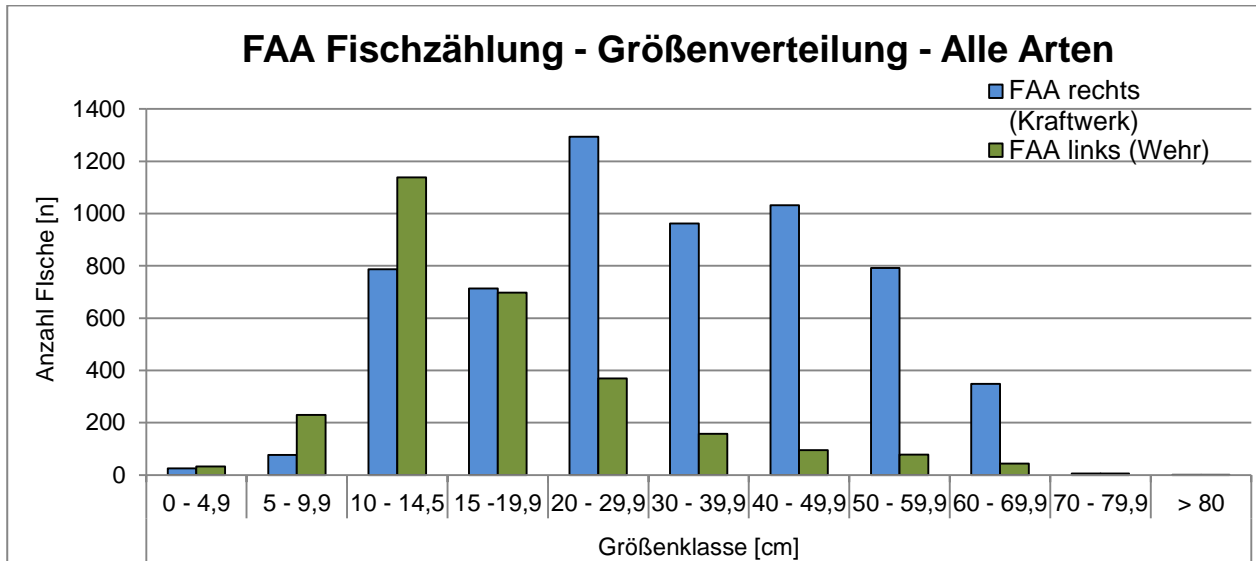
Fischart	Anzahl MH [n]	Anzahl Wehr [n]	Gesamt [n]
Schleie	6	9	15
Rotfeder	2	10	12
Brachse	3	8	11
Laube	3	6	9
Stichling	7		7
Flussbarsch	4	2	6
Hecht		6	6
Blicke		3	3
Wels	1	1	2
Karausche		2	2
Gründling		1	1
Karpfen	1		1
<b>Gesamt</b>	<b>6035</b>	<b>2849</b>	<b>8884</b>



**Abb. 1:** Zählergebnis in Reckingen aufgeteilt nach Fischarten und nach Aufstiegsanlage (Kraftwerk/Maschinenhaus und Wehr)

Beide FAA am Standort Reckingen wirken arten- und größenselektiv (Abb. 1, Abb. 2). Im rechtsseitigen Beckenpass am Kraftwerk/Maschinenhaus werden fast ausschließlich Barben und andere sehr schwimmstarke Fischarten festgestellt. Weiterhin dominieren dort große schwimmstarke Exemplare vor allem der Barbe die Aufstiegszahlen. 73 % der Aufsteiger auf der rechten Seite

(Maschinenhaus) waren größer als 20 cm (Totallänge). In der FAA auf der linken Seite waren hingegen nur 26 % größer als 20 cm. 74 % aller Aufsteiger waren dort kleiner 20 cm.



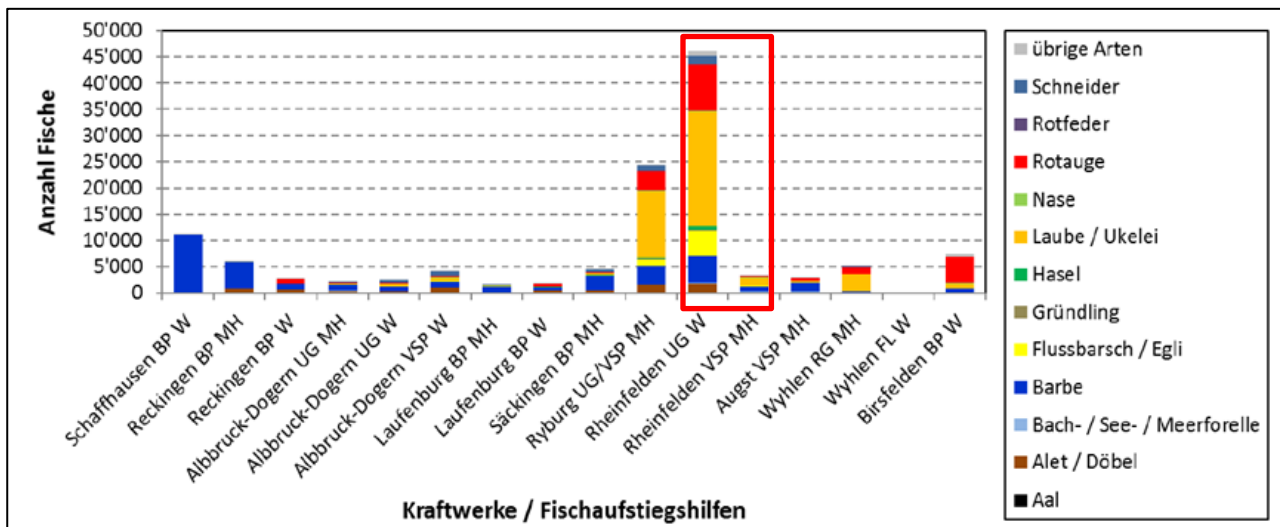
**Abb. 2:** Zählergebnis in Reckingen aufgeteilt nach Größenklassen und nach Aufstiegsanlage (Kraftwerk/Maschinenhaus und Wehr)

Diese Größen- und Artenselektivität liegt an den sehr hohen Fließgeschwindigkeiten am Einstieg der FAA auf der rechten Seite nahe der Turbinenauslässe, welche nur von schwimmleistungsstarken Arten und meist nur von größeren Exemplaren derselben bewältigt werden können. In der linksseitigen FAA am Wehr, welche an den überwiegenden Zeiten des Jahres außerhalb des Hauptabflusses und damit der Hauptwanderwege der strömungsorientierten Rheinfische liegt, dominieren Arten wie Rotaugen und andere strömungsindifferente Arten sowie kleine, juvenile und eher schwimmschwächere Exemplare rheophiler Arten. Insofern ist die Funktionsfähigkeit der bestehenden Fischaufstiegsanlagen am Standort Reckingen zusammenfassend wie folgt einzustufen:

FAA Kraftwerk (Maschinenhaus)  
 FAA Wehr

Funktionsfähigkeit stark eingeschränkt  
 Funktionsfähigkeit sehr stark eingeschränkt

Das vorläufige Endergebnis für die gesamten Hochrheinzählungen an allen beprobten Anlagen (Abb. 3) zeigt, dass in der bestehenden FAA am Maschinenhaus in Reckingen in der laufenden Zählkampagne das höchste Zählergebnis aller konventionellen „alten“ Maschinenhaus Beckenpass-Anlagen am Hochrhein erreicht wurde. Alleine das im Jahr 2015 neu in Betrieb gegangene Umgehungsgewässer/Schlitzpass-System am KW Ryburg-Schwörstadt zeigte ein besseres Zählergebnis. Im Vergleich der konventionellen Beckenpassanlagen auf der Wehrseite lag die Anlage in Reckingen unter dem Durchschnitt.



**Abb. 3:** Koordinierte Fischaufstiegszählungen am Hochrhein: April 2016 bis März 2017, Roter Kasten: Zählergebnisse Rheinfelden MH=FAA Maschinenhaus (Kraftwerksseite); W=FAA Wehrseite, BP=Beckenpass, UG=Umgehungsgewässer, VSP=Vertcal-Schlitzpass, RG= Raugerinne-Beckenpass, FL= Fischlift (aus: GUTHRUF (2017))

## 2.2 Zielvorgaben der FAA-Planung und Planungskonzept

### 2.2.1 Allgemeine Zielsetzungen

Ziel der Fischaufstiegsanlagen-Planung am Standort des Rheinkraftwerk Reckingen ist die Herstellung der guten ökologischen Durchgängigkeit (flussaufwärts).

Damit ist die gute und umfassende (nicht arten- und grössenselektiv) Durchgängigkeit gemeint

- für alle relevanten autochthonen (heimischen) Fischarten der Ist-Zönose (Ist-Lebensgemeinschaft) des Hochrheins
- sowie der Referenzzönose/historischen Fischfauna (soweit eine Wiederansiedlung von Arten möglich ist bzw. den Schweizer/deutschen Zielvorstellungen/Programmen entspricht)

Besonderer Fokus liegt auf der guten Durchgängigkeit für die systemtypischen Leitarten/Zielarten, dazu zählen

- rheophile (strömungsliebende) Arten der Äschen-/Barbenregion und Langdistanzwanderer insbesondere der Lachs, aber auch
- schwimmschwächere indifferente Arten, Kleinfischarten oder im Einzelfall auch stillwasserliebende Arten soweit sie längsgerichtete Wanderbewegungen durchführen.

Planungsvorgaben und –kriterien hierzu sind

- der Stand der Technik bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen (FAA) in Deutschland und in der Schweiz
- allgemeine fachrechtliche Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit gemäß Wasserrahmenrichtlinie
- nationale und internationale Wanderfischprogramme für den Rhein

Weiterhin werden die speziellen nationalen und internationalen Zielvorstellungen hinsichtlich der Durchgängigkeit des Hochrheins ebenso wie der aktuelle Planungs- und Ausführungsstandard von modernen FAAs am Hochrhein bei anderen Neukonzessionierungsvorhaben/Neubauvorhaben zu berücksichtigen sein. In diesem Kontext sollte eine FAA-Planung in Reckingen gewährleisten, dass am RKR eine – unter Berücksichtigung der standortspezifischen Bedingungen und Besonderheiten – vergleichbare ökologische Durchgängigkeit (flussaufwärts) entsteht, wie an anderen neuen Hochrhein-FAAs. Umgekehrt betrachtet, soll die FAA-Planung sicherstellen, dass der Standort Reckingen keinen „Flaschenhals“ der ökologischen Durchgängigkeit flussaufwärts darstellt.

### **2.2.2 Zielfischarten**

Der Hochrhein bei Reckingen ist der Äschen-/Barbenregion zuzuordnen. Leitfische der Region sind demnach Äschen, Barben und andere strömungsliebende (rheophile) Arten.

Die geometrischen Abmessungen der Fischaufstiegsanlage werden von den sog. größenbestimmenden Zielarten, im aktuellen Fall voraussichtlich dem Lachs und dem Hecht, bestimmt. Im Leitstrahl aus dem sog. „Lachseinstieg“ in die FAA sollten daher, um für diese Zielart überhaupt attraktiv zu sein, während der Betriebsphase, d.h. zwischen den Abflüssen Q30 und Q330, entsprechend hohe Fließgeschwindigkeiten  $> 1,5$  m/s vorherrschen. Für andere Fischarten sind derart hohe Geschwindigkeiten im Einstiegsbereich nicht oder nur schwer zu bewältigen. Für die schwächeren Schwimmer sind daher Mündungssituationen mit Leitstrahlgeschwindigkeiten zwischen 0,8 und 1,2 m/s erforderlich. Zu beachten hinsichtlich der Geometrien der FAA, insbesondere der Schlitze und Übergänge zwischen Becken, sind auch die besonderen Raumansprüche von Arten wie Barbe oder Brachse, die in Gruppen oder Schwärmen aufwandern.

Die hydraulischen Bedingungen im Wanderkorridor innerhalb der FAA müssen gemäß LFU (2005) und DWA-Merkblatt M-509 (DWA 2014) auf die schwimmschwächsten Zielfischarten (z.B. Schneider, Gründling, Groppe, ggf. Strömer) abgestimmt werden.

## 2.3 Planungskonzept im Zulassungsverfahren

Im Rahmen der sog „Variantenuntersuchung für die Herstellung der stromaufwärtsgerichteten Durchgängigkeit“ vom Oktober 2016 (Anlage D12) wurde vorab die Variantenkombination K4 als die Vorzugsvariante in Vorschlag gebracht.

Diese Variantenkombination sieht folgende Maßnahmenabfolge vor:

- (1) Planung, Herstellung und Betrieb einer FAA nach Variante A3 am rechten Ufer (FAA D). Variante A3 hat drei Mündungen (E1, E2, E3) und ist eine Kombination aus technischer Schlitzpassbauweise und eines Raugerinne-Beckenpasses mit Übergang zu einem naturnahen Umgehungsgewässer.
- (2) Gleichzeitig soll der bestehende konventionelle Beckenpass am Wehr bzw. am linken Ufer weiter betrieben werden (Variante C1).
- (3) Die Kombination wird weiterhin mit der Verpflichtung verbunden, während einer zeitlich festzulegenden Monitoringphase, die fischökologische Effektivität nach ebenfalls vorher festzulegenden Methoden mit qualitativen und quantitativen Erfolgsparametern (Indikatoren) für die Bemessung der guten ökologischen Durchgängigkeit (z.B. in Anlehnung an die Methode EBEL (2006)) zu untersuchen.
- (4) Bei Nachweis der guten Durchgängigkeit durch die Variantenkombination K4 (A3/C1) ergeben sich keine Weiterungen.
- (5) Falls die Ergebnisse des Monitorings/der Funktionskontrolle eine gute ökologische Durchgängigkeit in dieser Variantenkombination nicht bestätigen, ist die Vorzugsvariante weiterhin mit den Optionen verbunden,
  - die Variante A3 nachzubessern (z.B. Erhöhung der Zusatzdotation) und/ oder
  - eine zweite Fischaufstiegsanlage gemäß der Variante C2a-neu (Schlitzpass mit einem optimierten Einstieg E9) nachträglich zusätzlich zu errichten.
- (6) Die mögliche „Nachrüstungsvariante“ C2a-neu wird als Bestandteil der Vorzugsvariante bereits im Zulassungsantrag dargestellt.

In vorliegender „Ergänzende Variantenuntersuchung zur Ermittlung der Bestvariante für den Fischaufstieg zum Antrag für die Kostenerstattung nach Art. 34 EnG (Anlage D10.01) wird unsererseits die Variante V4 (Kombination aus A3 und C1, entspricht Variante K4 in der Anlage D12) als „Bestvariante“ im Sinne des Schweizerischen Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) Art. 10 sowie der Schweizerischen Vollzugshilfe „Ökologische Sanierung bestehender Wasserkraftanlagen: Finanzierung der Maßnahmen“ des BAFU (2016) vorgeschlagen. V4 wird gleichzeitig als die am besten geeignete Variante zur Zielerreichung der Wasserrahmenrichtlinie (Zustandsverbesserung bzw. Erreichen des „guten“ ökologischen Zustands der Qualitätskomponente Fischfauna durch Wiederherstellung der guten ökologischen Durchgängigkeit) angesehen.

Wie in der vorliegenden Variantenuntersuchung dargelegt, kann der ökologische Mehrwert eines Ersatzbaus für die bestehende Altanlage (C1) auf der linken Rheinseite gemäß Variante V5 (A3 plus C2a-neu) im Verhältnis zu den erheblichen Mehrkosten nicht abschließend beurteilt werden. Nach Realisierung der Variante V4 soll daher mittels bzw. nach detailliertem Monitoring entschieden werden, ob die gute Durchgängigkeit mit V4 bereits erreicht ist, oder ob eine Nachbesserung der Subvariante A3 oder aber ein Neubau gemäß Variante V5 (C2a-neu) am linken Ufer zur Zielerreichung erforderlich ist.

Wesentlicher Bestandteil der zielführenden Realisierung von Fischaufstiegsanlagen bzw. der guten Durchgängigkeit am Standort Reckingen ist somit ein geeignetes Untersuchungsprogramm (Monitoring/Wirkungskontrolle), das die ökologische Funktionsfähigkeit der Variante/Variantenkombination im Sinne der o.g. Zielsetzungen nachweist.

### 3. Monitoringkonzept für die FAA

#### 3.1 Allgemeine Grundlagen zur Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen

Grundlegend unterscheidet man bei der Funktionskontrolle von FAA zwischen

- technisch-hydraulischer Funktionsprüfung und
- biologischer Funktionskontrolle

Die technisch-hydraulische Funktionsprüfung (Methode nach EBEL 2006) ist bei Neuanlagen nicht eigens erforderlich, wird aber als Bestandteil der Bauüberwachung und -abnahme im Zuge der Inbetriebnahme bzw. nach einem Probetrieb in jedem Falle durchzuführen sein.

Die biologische Funktionskontrolle soll die beiden Hauptfunktionskriterien von Fischaufstiegsanlagen

- die Auffindbarkeit und
- die Passierbarkeit

überprüfen und bewerten. Die Prüfung und Bewertung bezieht sich dabei in einem ersten Schritt auf die Funktion der gegenständlichen Einzelanlage. Bei Fischaufstiegsanlagen innerhalb einer „Staukette“, wie sie am Hochrhein mit insgesamt 11 Kraftwerks-/Wehranlagen vorliegt, ist zusätzlich aber auch die Funktionalität oder Effizienz der einzelnen Anlage im Verbund mit den anderen Fischaufstiegssystemen am Hochrhein insbesondere mit den Fischaufstiegsanlagen an den flussabwärts und flussaufwärts nächstgelegenen Querbauwerken (Albbruck-Dogern und Eglisau) zu bewerten. In diesem Kontext ist von Bedeutung, dass die geplante FAA in Reckingen hinsichtlich der Effizienz nicht hinter diesen Anlagen zurücksteht und somit im FAA-Anlagen-Verbund am Hochrhein keinen „Flaschenhals“ darstellt.

Die grundlegenden Erfassungs-/Fang-Methoden der biologischen Funktionskontrolle von FAA sind

- (1) Fischzählungen innerhalb der Aufstiegsanlage nach Fang Reusen
- (2) Fischzählungen innerhalb der Aufstiegsanlage nach Fang in Zählkammern
- (3) Markierung (Farb-/Elastomermarkierung) von Fischen im Unterwasser der FAA und Wiederauffang in Reusen/Zählkammern.
- (4) Radiotelemetrische Besenderung von Fischen im Unterwasser der FAA und hydroakustische Detektion an Mündungen von bzw. in der FAA
- (5) PIT-Tagging (PIT=passive integrated transponders) von Fischen und Detection mit Rahmen-/Schleifen-Antennen innerhalb der FAA
- (6) Fischzählungen in Aufstiegsanlagen durch optische Methoden (Video, Laser, Infrarot)
- (7) Fischzählungen in und im Mündungsbereich von Aufstiegsanlagen durch hydroakustische Methoden (DIDSON = Dual-Frequency-Identification-Sonar)

Alle der genannten Erfassungsmethoden **sollten grundsätzlich mit einer Erhebung bzw. mit vertieften Kenntnissen des Fischbestands im flussabwärts des Querbauwerks gelegenen Flussabschnitt kombiniert bzw. in Beziehung gesetzt werden.** Nur bei hinreichender

Kenntnis des dort vorkommenden Fischbestands bzw. der wesentlichen Bestandsmerkmale wie

- Artenzusammensetzung, Dominanzverhältnisse und Zusammensetzung der Unterwasser-Fischfauna nach Strömungsgilden
- relative oder absolute Präsenz und Abundanz der maßgeblichen Zielarten im näheren Unterwasser (aktuell: Bereich zwischen KW Reckingen und Aaremündung).
- Populationsstrukturen maßgeblicher Zielarten

kann die Effizienz der FAA für sich alleine und im Anlagenverbund zutreffend bewertet werden.

**Tab. 2:** Methoden der biologischen Funktionskontrolle von FAA und deren Eignung zur Bewertung der Effizienz hinsichtlich maßgebender Bewertungsparameter

Nr.	Erfassungs-/Detectionsmethodik	Bewertungsparameter						
		Auffindbarkeit*	Passierbarkeit	Artenselektivität*	Größenselektivität*	Zeitfaktor	Aufstiegszahl**	Großräumige Erfassung Wanderungen
1	Reuse (Zählung mit zwei Reusen)	(+)	+	+	(+)	+	+	-
2	Zählkammer/Zählbecken	(+)	++	++	++	(+)	++	-
3	Markierung - Wiederfang	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
4	Radiotelemetry	+	(+)	-	-	++	-	+
5	PIT-Tagging	++	+	(+)	(+)	++	-	++
6	optische Erfassung (VAKI, Video, etc.)***	-	(+)	(+)	(+)	-	(+)	-
7	Hydro-akustische Erfassung (DIDSON)***	(+)	-	(+)	(+)	(+)	(+)	-

**Legende:**

++ sehr gut geeignet, + gut geeignet, (+) bedingt geeignet, - nicht geeignet

\* Bewertungskriterien benötigen Vergleich mit quantitativen/halbquantitativen Erhebungsergebnissen zum Unterwasserfischbestand

\*\* Bewertungskriterien benötigen Vergleich mit quantitativen/halbquantitativen Erhebungsergebnissen zum Unterwasserfischbestand oder eine Normierung hinsichtlich der Gewässergröße

\*\*\* Erfassungsmethode nur geeignet bei guter Sichtigkeit des Wassers (optische Methoden) und Abwesenheit von Störgeräuschen/-frequenzen/Lufteinschlüssen (hydroakustische Methoden)

Nach Tab. 2 ergibt sich ohne Berücksichtigung des Parameters „großräumige Erfassung der Fischwanderungen“ (Aufstieg durch mehrere Staustufen im Hochrhein) folgende Reihung der Erfassungsmethoden bezüglich ihrer Eignung zur Bewertung der Effizienz der FAA: 2, 5, 1, 3/4.

Eine sehr hohe Eignung und damit hohe Bewertungssicherheit kann durch die Kombination der Erfassungsmethoden 2 (Zählbecken) und 5 (PIT-Tagging) erreicht werden, da damit insbesondere eine sehr gute Erfassung der Passierbarkeit und der Auffindbarkeit ermöglicht wird und gleichzeitig auch der großräumige Fischaufstieg im Hochrheinsystem und somit die Bedeutung der einzelnen FAA im Anlagenverbund gut bewertet werden kann.

Im Hinblick auf das Monitoring in Reckingen ist auch das bestehende langjährige Monitoring bzw. sind die koordinierten Fischaufstiegszählungen am Hochrhein zu beachten bzw. sind Methoden zu verwenden, die hierzu möglichst gut vergleichbar sind.

- Bei den bisherigen Fischzählungen am Hochrhein, die im zehnjährigen Rhythmus seit 1985 stattfinden, wurden bis 2005 (Zählungen 1985, 1995 und 2005) ausschließlich sog. Reusenzählungen durchgeführt (STAUB & GERSTER 1992; GERSTER 1998; GUTHRUF 2008). Dabei kamen sog. Kastenreusen zum Einsatz, die an die jeweiligen Beckengrößen und Formen angepasst waren. Während die Maschenweite der Reusen in den Jahren 1985 und 1995 je nach FAH variierte, gelangten im Jahr 2005 ausschließlich Reusen mit einer Maschenweite von 15 mm zur Anwendung.
- Die Reusenbefischungen sind bedingt durch die Größe der Maschenweiten selektiv bezüglich kleiner Fischgrößen und gegenüber Kleinfischarten, die durch die Maschen hindurchschwimmen können und von daher bei den Zählungen nicht erfasst werden.
- Gleichermaßen vermindern die in den Wasserkörper bzw. in den Abflussquerschnitt der Becken eingesetzten Reusen in der Regel die Betriebsabflussmengen innerhalb der FAA und auch die Leitströmung am Einstieg im Unterwasser und können daher die Aufstiegsergebnisse nachteilig beeinflussen.
- Im Rahmen des neuen Zählprogramms am Hochrhein im Jahr 2016/2017 kommen in mehreren nach 2005 errichteten neuen Fischaufstiegsanlagen auch sog. Zählbecken oder Zählkammern zum Einsatz. Die „alten“ FAA an den Hochrheinkraftwerken werden weiterhin über Reusenzählungen untersucht.
- In den Zählbecken werden die Fische durch entsprechende Vorrichtungen in der FAA umgeleitet und dort „gesammelt“. Dazu wird die Fischpassage in der FAA durch bewegliche Verschlüsse gesperrt und ein Teil des Abflusses über eine Überfallkante in einen Bypass durch die Zählkammer und danach im Unterwasser der Verschlüsse in die FAA zurückgeleitet. Die Fische, welche durch die gesperrten Verschlüsse an der Aufwärtswanderung gehindert sind, folgen der Leitströmung aus dem Bypass in die Zählkammer hinein. Diese wird verschlossen, geleert und die Fische werden nach Zählung und Vermessung im Oberwasser der Zählkammer wieder in die FAA zurückgegeben.
- In Zählkammern ist eine umfassende und nicht selektive Erfassung aller Fischarten, Alters- und Größenklassen möglich. Weiterhin werden der Abfluss und die Leitströmung der FAA durch den Zählbetrieb nicht nachteilig beeinflusst.
- Ein Zählkammersystem ist auch für die neue FAA am Kraftwerk Reckingen geplant.
- Nach Vorstudien, Bildung einer Arbeitsgruppe PIT-Tagging FAH Hochrhein bzw. Erarbeitung der Studie „Konzept für PIT-Tagging-Untersuchung am Hochrhein“ (GUTHRUF & DÖNNI 2014) wurde im Jahr 2016 die Untersuchung der Fischwanderung und der FAA in den Hochrhein ausgeschrieben, vergeben und ist derzeit in Durchführung. In dem Untersuchungsprogramm werden nach einem Pilotversuch (2015) derzeit die 4 Staustufen Birsfelden, Augst-Wyhlen, Rheinfelden und Ryburg-Schwörstadt erfasst und die insgesamt 9 dort vorliegenden FAA mit Antennen ausgerüstet.

In Anlehnung an die laufenden Hochrheinuntersuchungen und an deren Untersuchungsstandard (Stand 2017) ist vorgesehen, an der zukünftigen FAA-Kombination (FAA neu rechts, FAA alt links, ggf. FAA neu links) in Reckingen ein kombiniertes Untersuchungsprogramm zur Funktionskontrolle zu etablieren mittels

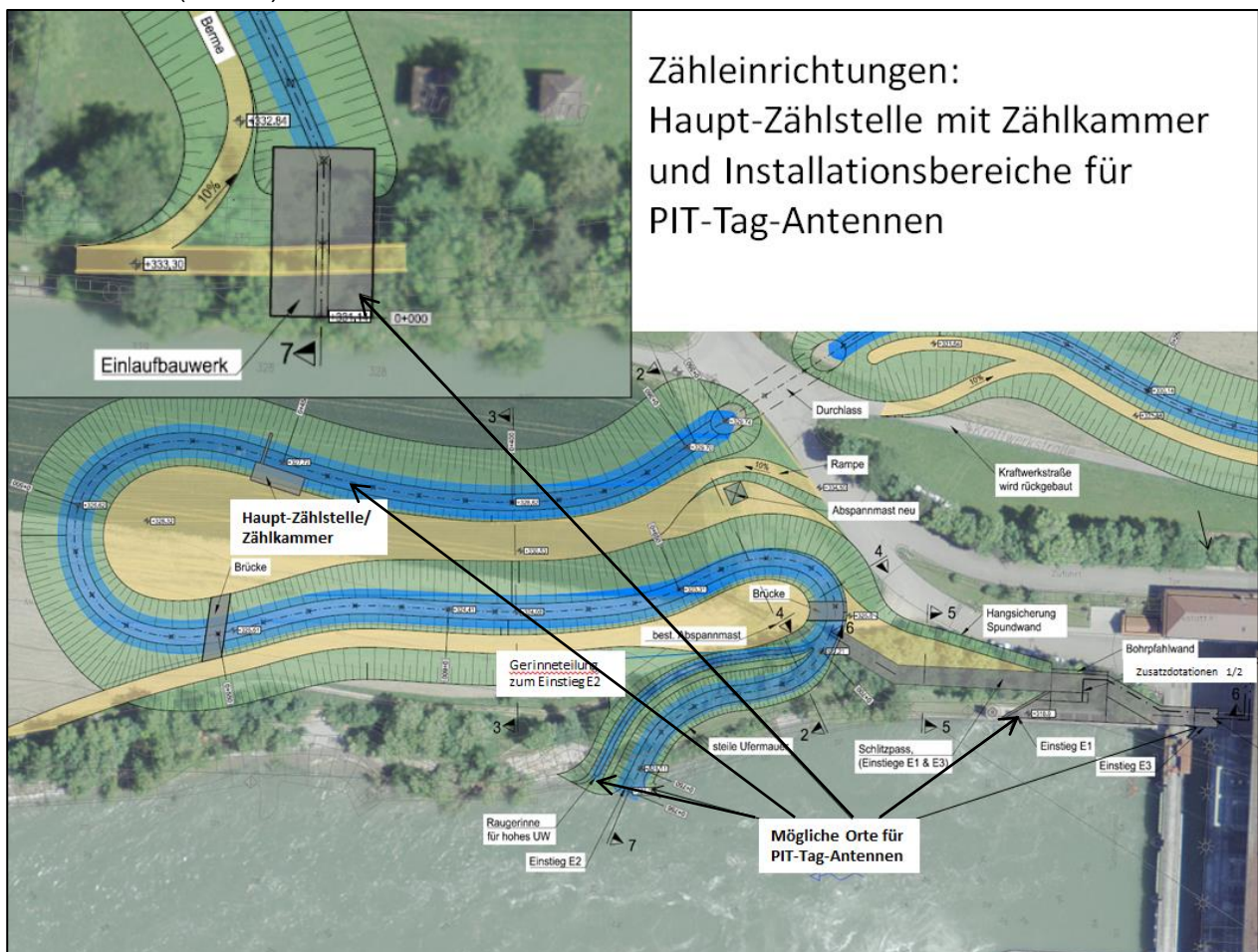
- Aufstiegszählungen in einer Zählkammer (FAA-D), bzw. in der bestehenden Reusenfangstelle (FAA-CH-alt) oder falls FAA-CH-neu auch dort in einer Zählkammer
- PIT-Tagging (Ausstattung der FAA (neu und alt) mit mehreren Antennenanlagen, Tagging von Fischen mit HDX Transpondern).

Das PIT-Tagging wird als sehr gute und notwendige Ergänzung des Zählkammer-Monitorings angesehen, da hierdurch insbesondere wichtige Beurteilungs-Kriterien der Anlageneffizienz wie die Auffindbarkeit, der Zeitfaktor bis zum Auffinden der FAA bei der Durchwanderung derselben ebenso wie die großräumigen Fischwanderungen im Hochrheinsystem (Bedeutung der FAA im Anlagenverbund Hochrhein) zuverlässig erfasst werden können.

## 3.2 Zähleinrichtungen/Methoden: Fischaufstiegszählungen in Zählkammer/Reuse und mittels PIT-Tagging

### 3.2.1 FAA (D) rechte Seite

In der neuen FAA (D) auf der rechten Seite wird eine Hauptzählstelle in Form einer sog. Zählkammer errichtet (Abb. 4).



**Abb. 4:** Fischaufstiegsanlage (D), rechte Seite: Bezeichnung der geplanten Zähleinrichtungen für Erfolgskontrolle/Monitoring.

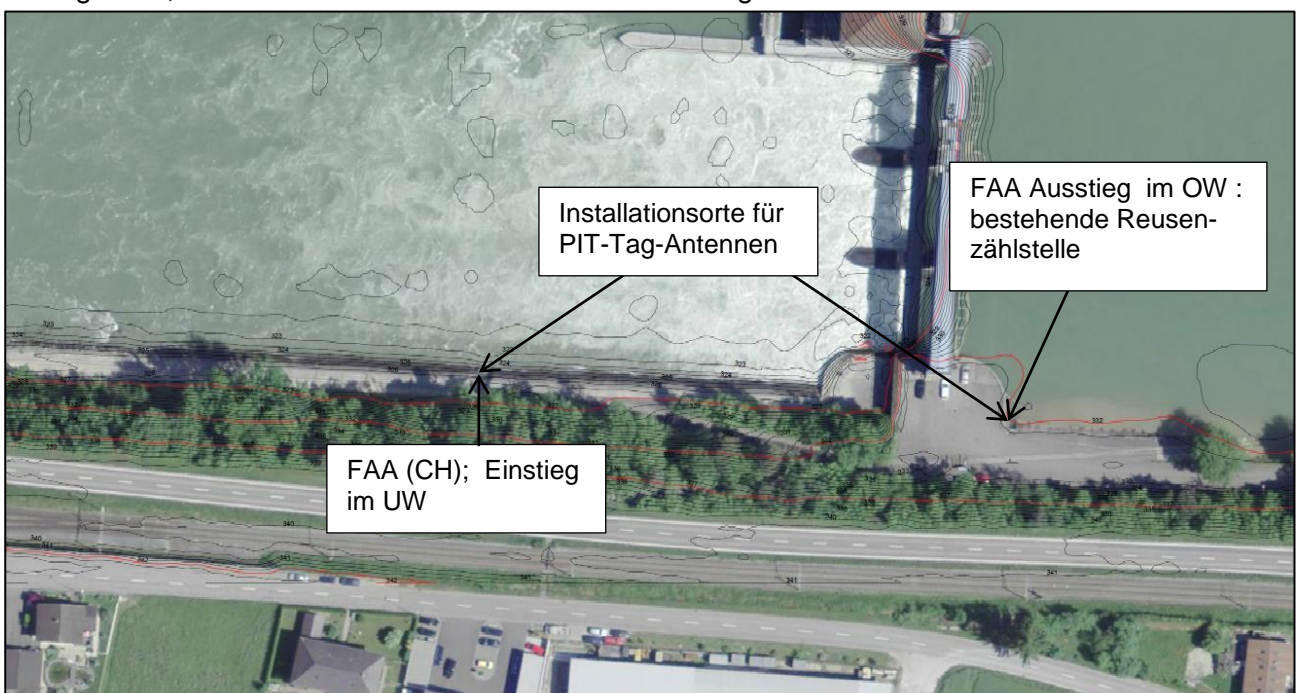
In dieser werden alle Fische gemeinsam nach Anzahl, Größe und Art erfasst, welche die Anlage über die Einstiege E1, E2 und E3 erreichen bzw. in ihr aufsteigen.

Die Zählkammer ist im Bypass an das FAA-Hauptgerinne angeschlossen und kann ohne Beeinträchtigung des FAA Abflusses und der Leitströmungsmenge betrieben werden.

Daneben werden an jedem der drei Einstiege E1, E2 und E3 Rahmenantennen für die PIT-Tag-Detektion installiert, um die Auffindbarkeit und Akzeptanz der einzelnen Einstiege zu belegen. Weitere PIT-Tagging-Antennen werden oberhalb der Hauptzählstelle im FAA-Hauptgerinne und im Bereich des Ausstiegs ins Oberwasser installiert, so dass auch der Verlauf des Aufstiegs und dessen Zeitdauer umfassend detektiert und dokumentiert werden kann.

### 3.2.2 FAA (CH) linke Seite

In der bestehenden FAA auf der linken Seite werden während des Zeitraums der geplanten Erfolgskontrolle/Monitorings Aufstiegszählungen in der vorhandenen Fangreue in gleicher Weise durchgeführt, wie bei den koordinierten Hochrheinzählungen in 2016/2017.



**Abb. 5:** Bestehende Fischaufstiegsanlage (CH), linke Seite: Bezeichnung der geplanten Zähleinrichtungen für Erfolgskontrolle/Monitoring.

Daneben werden an dem bestehenden Einstieg und im Bereich des Ausstiegs im Oberwasser je eine Rahmenantennen für die PIT-Tag-Detektion installiert. Im Falle der Erstellung einer neuen Schlitzpass-FAA auf der linken Seite (FAA-CH-C2a-neu) wird dort das Monitoring über ein Zählbecken und über zwei Rahmenantennen (Einstieg Unterwasser, Ausstieg Oberwasser) und Pit-Tagging in gleicher Weise ausgeführt.

In der Kombination Aufstiegszählungen in der Zählkammer/Reuse und den PIT-Tag-Installationen können sowohl Auffindbarkeit als auch Passierbarkeit sowie die sonstigen in Tab. 2 dargestellten

Bewertungsparameter beider FAA am Standort Reckingen für sich alleine und in der Kombination umfassend untersucht und zuverlässig bewertet werden.

### **3.2.3 Erläuterungen zur PIT-Tag-Detektion von Fischen**

Die wesentlichen Elemente des PIT-Taggings werden kurz dargestellt:

Die individuelle Markierung von Fischen mit PIT-Tag Transpondern ist für die meisten der gewünschten Fragestellungen (siehe oben) sehr gut geeignet. Die passiven Sender sind sehr langlebig und mit einer eindeutigen Nummer versehen. Bei einem Auslesevorgang werden die im Fisch befindlichen passiven Sender als Erstes von der Detektionseinheit induktiv aufgeladen. Darauf kann der TAG mit dieser Energie seine Kennung zurücksenden. Dies ermöglicht den Verzicht auf Batterien und die damit verbundene hohe Lebensdauer der TAGS. So lange der TAG nicht mechanisch zerstört wird, ist die Lebensdauer höher als die der markierten Fische. Wenn sich die markierten Fische weiter im Projektgebiet aufhalten und wandern, lassen sie sich über viele Jahre verfolgen. Diese sehr lange automatische Detektierbarkeit der Fische ohne regelmäßige neue Markierung ist derzeit ausschließlich mit PIT-Tags möglich.

Die Erkennung von mit PIT-Tags markierten Fischen hat allerdings auch Limitierungen, die sich in den meisten Fällen durch geeignete Maßnahmen technischer oder methodischer Art umgehen lassen. Die für die geplanten Untersuchungen relevanten Faktoren sollen im Folgenden erläutert werden.

#### **Tag-Größe und Detektionsreichweite**

Die Detektionsreichweiten hängen vor allem von den eingesetzten PIT-Tags ab, da davon wiederum die Größe der intern verbauten Antenne abhängt.

Üblicherweise kommen bei Fischen stäbchenförmige Glastags mit 12, 23 und 32 mm Länge zum Einsatz. Damit variieren auch die Längen der intern verbauten Empfangsantenne zum kurzzeitigen induktiven Aufladen der Tags und die mögliche Reichweite zum Antennendraht:

- 32 mm TAG: Signalreichweite bis 70 cm (=> Rahmenantenne mit max. 1,2 m lichter Weite)
- 23 mm TAG: Signalreichweite bis 70 cm (=> Rahmenantenne mit max. 1,2 m lichter Weite)
- 13 mm TAG: Signalreichweite bis 25 cm (=> Rahmenantenne mit max. 40 cm lichter Weite)

Damit sind die 13 mm Tags nur eingeschränkt für die Untersuchung großer Querschnitte geeignet. Ab einer Fischlänge von ca. 12 cm können 23 mm Tags eingesetzt werden, darunter muss auf die kürzeren und dünneren 13 mm Tags zurückgegriffen werden. Die Größengrenze variiert je nach Fischart (Körperbau).

#### **Maximale Detektionsantennengrößen**

PIT-Tag Detektionsantennen sind immer als Kabelschleifen ausgeführt. Diese können um rechteckige Rahmen gelegt oder auf den Grund von Gewässer gelegt werden. Die maximale Größe für eine gute Detektion liegt für Rahmenantennen bei etwa 1,2 m x 3 m. Bei größeren Antennen ergibt sich auch bei TAG-Größen von 23 mm und mehr ein Detektionsloch in der Mitte der Antenne. Bei

flach liegenden Antennen, wie sie in Flüssen und unregelmäßigen Gerinnen zum Einsatz kommen können, liegt die maximale Länge bei ca. 25–30 m. Die Detektionsreichweite oberhalb der Antenne beträgt dabei ca. 70 cm (23 und 32 mm Tag).

### 3.2.4 Fischarten für PIT-Tagging Untersuchungen

Für das PIT-Tagging werden verschiedene Fischarten und -größen herangezogen. Um die Ergebnisse der Untersuchung statistisch auswerten zu können, ist eine Mindestzahl jeder Fischart- bzw. -größe notwendig. Grundsätzlich kommen daher nur Arten in Frage, die in markierungsfähiger Größe entweder bei den Elektrofischungen oder den Aufstiegskontrollen in ausreichender Anzahl zu erwarten sind. Die ausgewählten Arten und Größenklassen repräsentieren dabei verschiedene ökologische Gilden bzw. Gruppen mit unterschiedlicher Schwimmleistung. Da nicht alle Arten in ausreichender Anzahl bei den Elektrofischungen gefangen und markiert werden können, werden zusätzlich auch Fische aus den beiden FAA markiert. Die angestrebte Zahl an Fischen, die getaggt werden sollen, ist in Tab. 3 dargestellt. Diese Zahlen werden aufgrund der jüngsten Elektrofischungen bzw. Aufstiegszählungen als realistisch angesehen. In der Praxis sind aber Abweichungen zu erwarten.

**Tab. 3:** Angestrebte Zahl an Fischen, die mit PIT-Tags versehen werden

Fischart	Gilde	Angestrebte Zahl
Barbe	rheophil	bis zu 1.500
Döbel	rheophil	bis zu 1.000
Nase	rheophil	zusammen bis zu 1.000 Individuen
Schneider	rheophil	
Rotaugen	indifferent	
Hasel	rheophil	
Sonstige	rheophil/indifferent	

### 3.2.5 Vorzüge der Kombination aus Zählkammer/Reusen und PIT-Tagging

Die Zählkammeruntersuchungen ermöglichen eine sehr umfassende Erfassung der Art, der Anzahl und der Größe der Fische, welche die FAA auffinden und diese bis zum Standort der Zählkammer durchwandern. Mit dem PIT-Tagging insbesondere über das Zurücksetzen der markierten Fische an verschiedenen Einsatzstellen im Fluss (Unterwasser) und in der FAA werden zusätzliche Information darüber erlangt

- ob die Fische bzw. einzelne Arten von unterschiedlichen Einsatzstellen im Fluss (Unterwasser) die FAA Mündungen auffinden bzw. welche Mündungen bevorzugt angenommen werden (Aufschluss über Hauptwanderwege)
- welche Zeit sie von verschiedenen Einsatzstellen im Fluss (Unterwasser) benötigen bis sie die FAA Mündungen erreichen
- ob und in welcher Zeit sie die FAA zur Gänze durchwandern oder ob sie sich dort länger aufhalten (Nutzung als Habitat) bzw. wieder umkehren etc.

Aus den Ergebnissen der PIT-Tagging Untersuchungen können somit wichtige qualitative und quantitative Zusatzinformationen zur Auffindbarkeit, Passierbarkeit bzw. zur Gesamteffizienz der FAA gewonnen werden.

### 3.2.6 Dauer und Ablauf der Funktionskontrolle/des Monitorings

Insgesamt wird eine Dauer des Monitorings von 2 Jahren für zielführend erachtet. Dabei ist folgender Zeitplan bzw. sind folgende Abläufe vorgesehen:

**1. Jahr:**

- Beschaffung und Installation von PIT-Tag-Rahmenantennen/Modems/Empfangseinheiten in beiden FAA (D und CH)
- Fischbestandserhebungen im Unterwasser
- PIT-Tagging von Fischen bei der Bestandserhebung im Unterwasser
- Aufstiegszählungen in beiden FAA (D und CH) nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der FAA (D) zwischen April und März (365 Tage)
- PIT-Tagging von Fischen aus den Zählkammer-/Zähltreusenfängen und Wiedereinsatz im Unterwasser und in der FAA
- Laufende PIT-Tag Registrierung
- Auswertung der Ergebnisse der Bestandserhebungen/Markierungen sowie der Fischzählungen und der PIT-Tag-Registrierungen
- Zwischenbericht mit vorläufiger Funktionsbewertung

**2. Jahr:**

- Fischbestandserhebungen im Unterwasser
- Falls geplanter Markierungs-Umfang noch nicht erreicht: PIT-Tagging von Fischen bei der Bestandserhebung im Unterwasser gleichzeitig
- Aufstiegszählungen in beiden FAA (D und CH) zwischen Mai und Oktober (183 Tage)
- Falls geplanter Markierungs-Umfang noch nicht erreicht: PIT-Tagging von Fischen aus den Zählkammer-/Zähltreusenfängen und Wiedereinsatz im Unterwasser und in der FAA
- Laufende PIT-Tag Registrierung
- Auswertung der Ergebnisse der Bestandserhebungen/Markierungen sowie der Fischzählungen und der PIT-Tag-Registrierungen
- Zwischenbericht mit vorläufiger Funktionsbewertung

**3. Jahr:**

- Laufende PIT-Tag Registrierung
- Auswertung der Ergebnisse der PIT-Tag-Registrierungen
- Abschlussbericht mit endgültiger Funktionsbewertung

#### **Mögliche Ablaufverkürzungen:**

Bei entsprechend günstigem Verlauf und eindeutigen Resultaten kann ggf. bei den Fischzählungen in Zählbecken/Reusen auf das zweite Monitoringjahr, bei den Pit-Tag-Registrierungen auf das dritte Jahr verzichtet werden.

### **3.3 Methodik Fischbestandserhebung und Markierung (PIT-Tagging) von Fischen**

Zur Erfassung des Fischbestandes im Unterwasser sollen im ersten und ggf. im zweiten Jahr des Monitorings Elektrobefischungen zwischen den Koblenzer Laufen (F-km 98,7) und dem Kraftwerk Reckingen (F-km 90,1) durchgeführt werden. Die Gesamtbefischungsstrecke mit einer Länge von drei bis fünf Kilometern wird in etwa 15 bis 25 Einzelbefischungsstrecken von jeweils 200 m Länge unterteilt. Um alle jahreszeitlichen Aspekte zu erfassen, werden die Elektrobefischungen jeweils an drei Terminen im Frühjahr (April/Mai), Sommer (Juli/August) und Herbst (September/Oktober) durchgeführt. Im Frühjahr und im Sommer werden ausgewählte Strecken (v. a. Kiesbänke) zusätzlich auch zur Nachtzeit befischt. Aus Untersuchungen anderer Gewässer ist bekannt, dass sich dadurch ein besserer Überblick über das vorhandene Arten- aber auch Größenspektrum ergibt. Auch die eigenen Untersuchungen im Projekt Reckingen im Jahr 2015 haben die besondere Bedeutung von Nachtbefischungen hinsichtlich umfassender Populations-/Bestandserfassung nachdrücklich bestätigt.

Die Elektrobefischungen erfolgen vom motorisierten Arbeitsboot. Die fünfköpfige Besatzung besteht neben dem Bootsführer aus vier Fangtechnikern, unter denen mindestens ein Biologe mit speziellen Fischartenkenntnissen sein muss. Das Elektrofischereigerät soll mindestens über eine Gleichstrom-Ausgangsleistung von 10 kW verfügen. Die Befischung erfolgt mit zwei Handanoden, alternativ kann auch ein Anodenrechen eingesetzt werden. Bei den Befischungen zur Nachtzeit wird nur eine Handanode eingesetzt. Sämtliche Fische werden entnommen und in einer mitgeführten Becken/Wanne zwischengehältet. Am Ende der Untersuchungsstrecke werden alle Fische bis zur Art bestimmt und die Länge auf 0,5 cm genau ermittelt. Abhängig von Art und Größe werden die Fische dann entweder sofort zurückgesetzt oder mit PIT-Tags versehen.

Das PIT-Tagging von Fischen, die entweder bei den Bestanderfassungen im Unterwasser (elektrisch) oder bei den Zählungen (Zählbecken/Reusen) gefangen werden, erfolgt nach Tierversuchsstandards und unter Berücksichtigung der rechtlichen Vorgaben der Länder Schweiz und Deutschland.

Für das PIT-Tagging werden die Fische zunächst narkotisiert. Im Anschluss wird mittels einer Kanüle der Tag in die Bauchhöhle injiziert. Danach werden die Fische in ein Bad ohne Narkotikum überführt und nach der vollständigen Erholung an den vorgesehenen Einsatzstellen (siehe unten) wieder zurückgesetzt.

Aufgrund der hohen Zahl getaggtter Fische werden einzelne markierte Tiere vermutlich auch durch Angler entnommen werden. Die Mitglieder der Fischereivereine zwischen den Stufen Eglisau und Albbruck-Dogern werden über die Markierungen informiert. Die Angler werden gebeten, dass sie die Tags unter Angabe des Fangorts und –zeitpunkts an das begutachtende Büro einsenden.

Bei der Elektrobefischung werden für das PIT-Tagging vorgesehene Fische einem zweiten Arbeitsboot übergeben, welches das erste Arbeitsboot begleitet. Abhängig von der Anzahl der Fische werden diese dann sofort im Boot oder am Ufer mit PIT-Tags versehen oder aber bis zum späteren „Tagging“ zwischengehältet. Das Zurücksetzen der getaggtten Fische ins Unterwasser sollte, wenn möglich und machbar, in Nähe der Fangstellen der Elektrofischerei, zumindest aber auf der gleichen Uferseite erfolgen.

Die während der FAA-Zählungen in Zählkammern/Reisen in FAA gefangenen und für das PIT-Tagging ausgewählten Fische werden nach dem „Taggen“ zum Teil in das Oberwasser der Zählstelle in die FAA zurückgesetzt, zum Teil aber auch in den Rhein im Unterwasser des KW Reckingen in definiertem Abstand zum Querbauwerk (ca. 1,5-2) km und etwa gleich verteilt auf der rechten und auf der linken Uferseite wieder eingesetzt.

## 4. Bewertungssystem

Nachfolgend wird die Entwicklung des geplanten Bewertungssystems für die Funktionsfähigkeit und Effizienz der gewählten FAA-Konstellation am Kraftwerk Reckingen dargestellt. Hierzu wurde angestrebt, aus bestehenden Schweizer und deutschen Methodenvorgaben und –Standards zur Funktionskontrolle bzw. zum Monitoring von Fischaufstiegsanlagen eine für die spezielle Anlagenbewertung am Standort Reckingen bestmöglich geeignete Methodensynthese zu erarbeiten.

Die einzelnen methodischen Ansätze und Standards werden im Folgenden erläutert und die „Pros“ und „Contras“ gegenübergestellt und bewertet. Im Anschluss erfolgt eine „Methodensynthese“ unter Anpassung bestimmter Bewertungsparameter auf die Besonderheiten des Standorts Reckingen (erstes Querbauwerk nach Zusammenfluss von Hochrhein und Aare, Gewässergröße, Fließcharakter, Fischbestandszusammensetzung etc.) unter Vergleich mit anderen FAA-Standorten und –Anlagen am Hochrhein bzw. dort eingesetzten Monitoring-Methoden.

### 4.1 Methodik zur Bewertung koordinierter Fischaufstiegszählungen bei Kraftwerksanlagen an großen Flüssen, insbesondere am Hochrhein (GUTHRUF & DÖNNI 2014)

Diese Methodik wurde speziell für koordinierte Fischaufstiegszählungen an Wasserkraftanlagen entwickelt und fand erstmals bei den Zählungen am Hochrhein im Jahr 2016 Anwendung. Es handelt sich ausschließlich um eine biologische Funktionskontrolle. Die Bewertung erfolgt anhand verschiedener Parameter, deren Grundlagen Aufstiegszählungen sind, die zeitgleich an verschiedenen Standorten innerhalb einer Kraftwerkskette durchgeführt werden.

#### **Zielsetzung und Voraussetzungen der Methodik**

- Anwendung bei FAA an großen Flüssen, insbesondere am Hochrhein
- Verzicht auf begleitende Elektrofischerei im Unterwasser
- statt dessen Vergleich von koordinierten, zeitgleichen Zählungen an Kraftwerksketten

#### **Bewertungskriterien bzw. Qualitätsmerkmale**

##### **Artenselektivität**

Die Fischartenzahl wird für jedes Unterwasser getrennt festgelegt. Dazu werden verschiedene Quellen herangezogen, z. B. CSCF (faunistische Datenbank der Schweiz), kantonale Behörden, Fangstatistiken, Expertenwissen usw. sowie evtl. ergänzende Befischungen. Außerdem gehen die bei der Funktionskontrolle aufgestiegenen Arten mit ein. Die Bewertung erfolgt aufgrund des Quotienten aus der Anzahl der bei den Funktionskontrollen nachgewiesenen Arten und der Artenzahl die sich aus den verschiedenen Quellen ergibt.

Pro: Da eine FAA für alle vorkommenden Arten auffindbar und passierbar sein sollte, ist es sinnvoll, ein breites Artenspektrum zu Grunde zu legen.

Contra: Möglicherweise führen sehr seltene oder kürzlich verschwundene Arten zu einer ungünstigen Bewertung, weil für sie kein Aufstieg nachgewiesen werden kann, obwohl die FAA grundsätzlich für die Art geeignet wäre.

**Contra:** Da keine Bestandserhebungen im jeweiligen Unterwasserbereich erfolgen, kann es zu weiteren Fehlbewertungen der Selektivität kommen.

### **Längenselektivität gegen kleine Fische – Anteil von Fischen unter 15 cm Länge**

Für jede Anlage wird der Anteil von Fischen unter 15 cm Länge am Gesamtfang ermittelt. Die Bewertung erfolgt durch einen Vergleich mit der FAA mit dem höchsten Anteil an Fischen mit einer Länge unter 15 cm.

**Pro:** In die Bewertung geht indirekt die Anzahl der aufgestiegenen kleineren Fische mit ein. Der Nachweis weniger kleiner Individuen alleine genügt nicht, um eine Längenselektivität auszuschließen.

**Contra:** Es ist zu erwarten, dass bei einer FAA die gegenüber kleinen Fischgrößen selektiv wirkt, ein kleiner Anteil großer Fische und damit ein hoher Anteil kleiner Fische aufsteigt. Dieser hohe Anteil würde dann als „Erwartungswert“ herangezogen werden, obwohl er bei einer nicht selektiv wirkenden FAA am selben Standort wesentlich geringer wäre, da zusätzlich aufsteigende große Fische bei gleicher Anzahl kleiner Fische deren Anteil am Gesamtfang verringern würden. Gleichzeitig kann auch bei einer nicht größenselektiv wirkenden FAA ein hoher Anteil an Kleinfischen zu einer schlechten Bewertung bezüglich der Selektivität gegenüber großen Fischen führen, weil diese im Fang unterrepräsentiert sind. In Tab. 4 wird dies anhand einer fiktiven Kraftwerkskette mit jeweils einer FAA erläutert.

**Tab. 4:** Mögliche Fehleinschätzung der Größenselektivität dargestellt durch Rechenbeispiele an vier fiktiven FAA einer Kraftwerkskette (n=Anzahl aufgestiegener Fisch, A=Anteil der Größenklasse an der Gesamtzahl)

FAA	Länge <15 cm	Länge 15 bis 50 cm	Länge >50 cm	Mögliche Bewertung
1	n=990; A=99 %	n=10; A=1 %	n=0; A = 0%	Tatsächlich größenselektiv gegenüber kleinen Arten, aber „Erwartungswert“ für Anteil kleiner Arten bei anderen FAA
2	n=0; A=0%	n=10; A=1 %	n=990; A = 99%	Tatsächlich größenselektiv gegenüber großen Fischen, aber „Erwartungswert“ für Anteil großer Fische bei anderen FAA
3	n=990; A=33,3 %	n=990; A=33,3 %	n=990; A = 33,3%	Keine tatsächliche Größenselektivität. Im Vergleich zu Nr. 1 aber wesentlich geringerer Anteil an kleinen Fischen, daher wird Größenselektivität gegen kleine Fische schlechter als bei Nr. 1 bewertet. Im Vergleich zu Nr. 2 wesentlich geringerer Anteil großer Fische, daher wird Größenselektivität gegenüber großen Fischen schlechter bewertet als bei Nr. 2.
4	n=9.900; A=47,6 %	n=9.900; A=47,6 %	n=990; A= 4,8 %	Keine tatsächliche Größenselektivität vorhanden, alle Größenklassen mit hohen Individuendichten vertreten. Vergleicht man nur Nr. 3 und Nr. 4, so wäre Nr. 4 deutlich selektiver gegenüber großen Fischen, obwohl in beiden Fällen gleich viele große Fische nach oben gewandert sind.

Contra: Vergleichende Werte an anderen Hochrheinanlagen liegen für den geplanten Monitoringzeitraum am KW Reckingen nicht vor. Der Anteil kleinerer Fische schwankt abhängig vom Reproduktionserfolg einzelner Arten stark zwischen den Jahren.

### **Längenselektivität gegen kleine Fische – Anzahl Schneider pro Tag im Fischaufstieg**

Die Anzahl der aufgestiegenen Schneider pro Tag der zu bewertenden Anlage wird mit der maximalen Anzahl der aufgestiegenen Schneider aller zeitgleich untersuchten Anlagen verglichen.

Pro: -

Contra: Die pelagische Kleinfischart Schneider kommt zwar auch im Unterwasser Reckingen vor und könnte daher theoretisch eine Indikatorart hinsichtlich der Funktionsfähigkeit für andere, seltene Arten (z.B. Strömer) sein. Allerdings ist viel zu wenig über das Wander- bzw. Aufstiegsverhalten der Art bekannt, um diese als valide Indikatorart heranzuziehen. Es könnten vielmehr „Artefakte“ und damit Fehlbewertungen entstehen, die sich aus zufälligen Schneideransammlungen und damit verbundenen Erfassungen in der Zähleinrichtungen einer bestimmten FAA ergeben. So wurden beispielsweise bei den koordinierten Zählungen 2005/06 an allen Hochrhein-Standorten nur 168 Schneider gezählt (davon 14 in Reckingen), während 2016/17 alleine in Reckingen über 200 Individuen erfasst worden waren.

Contra: Vergleichende Werte an anderen Hochrheinanlagen liegen für den geplanten Monitoringzeitraum am KW Reckingen nicht vor. Der Anteil kleinerer Fische schwankt abhängig vom Reproduktionserfolg einzelner Arten stark zwischen den Jahren. Die absoluten Werte die GUTHRUF (2006) für eine koordinierte Zählung an der Aare für eine sehr gute Bewertung fordert (mehr als zehn Ind./Tag), wurden am Rhein bislang an keiner FAA erreicht. Bei den koordinierten Zählungen am Hochrhein 2005/06 (GUTHRUF 2008) lag der mittlere Tagesfang beim Schneider bei den meisten Anlagen unter 0,1 Ind./Tag, nur in Rheinfeldern wurde ein Wert von 0,4 Ind./Tag erreicht. Die Aufstiegszahlen der letzten koordinierten Zählung, bei der auch die neueren Anlagen untersucht wurden, lagen zum Redaktionsschluss noch nicht vor. Entsprechende Erwartungswerte können daher für den Hochrhein nicht definiert werden.

### **Längenselektivität gegen große Fische**

Für jede Anlage wird der Anteil von Fischen über 50 cm Länge am Gesamtfang ermittelt. Die Bewertung erfolgt durch einen Vergleich mit der FAA mit dem höchsten Anteil an Fischen mit einer Länge von mehr als 50 cm.

Pro: In die Bewertung geht indirekt die Anzahl der aufgestiegenen großen Fische mit ein. Der Nachweis weniger großer Individuen alleine genügt nicht, um eine Längenselektivität auszuschließen.

Contra: Es ist zu erwarten, dass bei einer FAA die gegenüber großen Fischgrößen selektiv wirkt, ein kleiner Anteil kleiner Fische und damit ein hoher Anteil großer Fische aufsteigt. Dieser hohe Anteil würde dann als „Referenzzustand“ herangezogen werden, obwohl er bei einer nicht selektiv wirkenden FAA am selben Standort wesentlich geringer wäre, da zusätzlich aufsteigende kleine Fische bei gleicher Anzahl großer Fische deren Anteil am Gesamtfang verringern würden. Gleichzeitig kann auch bei einer nicht größenselektiv wirkenden FAA ein hoher Anteil an großen Fischen

zu einer schlechten Bewertung bezüglich der Selektivität gegenüber kleinen Fischen führen, weil diese im Fang unterrepräsentiert sind (siehe Tab. 4).

Contra: Vergleiche an anderen Hochrheinanlagen liegen für den Monitoringzeitraum am KW Reckingen nicht vor.

### **Längenselektivität gegen hochrückige Fische**

Dies betrifft vor allem die Brachse, die bei den bisherigen Funktionskontrollen aber nur in wenigen FAA in hoher Stückzahl vorhanden war. Daher erfolgt hier kein Vergleich mit anderen Anlagen, sondern eine individuelle Bewertung bei der ggf. die Längenselektivität gegen große Fische (0) korrigiert wird.

Pro: Es ist durchaus denkbar, dass große Brachsen aufgrund ihrer Körperhöhe flache Bereiche nicht oder nur stark eingeschränkt passieren können, während gleich große Individuen anderer Arten keine Schwierigkeiten haben.

Contra: Die Brachse gehört im Unterwasser des Kraftwerks Reckingen zu den seltenen Arten und wurde bei den Elektrofischungen 2015/16 vor allem im Bereich des Chly-Rhy nachgewiesen, wo Laichmöglichkeiten für diese Art gegeben sind. Bei den bisherigen Aufstiegszählungen in Reckingen war die Art meist mit sehr wenigen Individuen vertreten. Sollten auch bei dem geplanten Monitoring nur wenige Individuen dieser Art nachgewiesen werden, kann dieser Parameter nur auf Grundlage der Aufstiegszahlen schwer beurteilt werden.

### **Einschränkung der Aufstiegszahl**

Die Summe aufgestiegener Fische wird durch die Zahl der Tage mit Zählungen dividiert. Es werden nur solche Fische bzw. Fischgrößen berücksichtigt, die mit beiden verwendeten Fangmethoden (Reusen und Zählkammern) gefangen werden können. Die Bewertung erfolgt vergleichend mit den anderen zeitlich untersuchten Standorten unabhängig von anderen Parametern wie Abfluss oder Größe des Unterwassers. Als Referenzwert wird der Maximalwert aller verglichenen Anlagen herangezogen.

Pro: Die Gesamtzahl aufgestiegener Fische stellt ein wesentliches Qualitätsmerkmal einer FAA dar.

Contra: Hohe Individuenzahlen wurden bei den letzten vergleichenden Aufstiegszählungen vor allem in den neueren FAA in Ryburg-Schwörstadt und Rheinfelden verzeichnet. Neben der vermutlich besseren Funktionalität dieser FAA spielen aber hier auch das Fischartenspektrum und vor allem die Fischabundanzen im Unterwasser der jeweiligen Anlage eine große Rolle. Bei beiden Anlagen wurden die Aufstiegszahlen von den bezüglich der Strömung indifferenten Arten Laube, Rotaugen und in geringerem Umfang auch vom Barsch dominiert. Diese drei Fischarten gehörten bei den Elektrofischungen 2015/16 im Unterwasser des Kraftwerks Reckingen zu den seltenen Arten. Der sehr rasch fließende Bereich im Unterwasser Reckingen bis zur Aaremündung hat einen völlig anderen Fließgewässercharakter wie alle unten liegenden Stauanlagen bzw. Hochrheinabschnitte mit anderen Fischbestandszusammensetzungen und insgesamt geringeren Fischanzahlen bezogen auf die Einheitsfläche und auf die zugrundeliegende Größe des „Aufwanderungseinzugsgebiets“. Da theoretisch mindestens die Hälfte der von unten kommenden Aufwanderer in

die Aare abzweigt, kommt es durch die Abfluss-stärkere Aare zu einer weiteren substantiellen Reduzierung von aufwandernden Individuen im Hochrhein zwischen Aaremündung und KW Reckingen.

Contra: Vergleichende Werte an anderen Hochrheinanlagen liegen für den geplanten Monitoringzeitraum am KW Reckingen nicht vor.

### **Einschränkung der Aufstiegsdauer**

Für die Bewertung werden die Tage addiert, an denen ein Fischaufstieg festgestellt wurde. Für die bestmögliche Bewertung muss dies an mindestens 300 Tagen pro Jahr der Fall sein.

Pro: FAA sollen so gestaltet sein, dass ihre Funktionsfähigkeit zumindest zwischen dem  $Q_{30}$  und dem  $Q_{330}$  gewährleistet ist. Im „hydrologischen Durchschnittsjahr“ ist dies an 300 Tagen im Jahr der Fall. Demzufolge wäre auch an 300 Tagen im Jahr mit einem Fischaufstieg zu rechnen.

Contra: Unabhängig von der Passierbarkeit der FAA setzt die Bewertung voraus, dass - um die beste Bewertung zu erreichen - mindestens an 300 Tagen im Jahr „aufstiegswillige“ Fische vorhanden sind und an diesen Tagen der Abfluss zwischen dem  $Q_{30}$  und dem  $Q_{330}$  liegt (Mindestanforderung der Funktionalität einer FAA bezüglich des Abflusses). Insbesondere in den Wintermonaten besteht die Gefahr, dass trotz gegebener Passierbarkeit Aufstiegsnachweise unterbleiben, weil im Unterwasser keine aufstiegswilligen Fische vorhanden sind. Gleichzeitig können während der Hauptwanderzeit Abflüsse vorliegen, bei denen die Funktionalität der FAA nicht gewährleistet werden muss oder kann. Aufgrund des langjährigen Abflussregimes am Hochrhein (hohe Abflüsse während der Schneeschmelze im Frühjahr bzw. Frühsommer) ist mit solchen Situationen regelmäßig zu rechnen.

## 4.2 BWK Methodenstandard (Ebel 2006)

Der BWK Methodenstandard nach EBEL (2006) beurteilt die Durchgängigkeit von Querbauwerken in einem fünfstufigen Bewertungssystem. Eine „sehr gute“ Funktion bzw. Durchgängigkeit liegt nach diesem System nur vor, wenn kein Querbauwerk vorhanden ist. Bei vorhandenem Querbauwerk ist maximal eine „gute“ Funktion bzw. Durchgängigkeit möglich.

**Tab. 5:** Bewertungsschema nach BWK Methodenstandard (EBEL 2006)

Funktionsbewertung nach BWK Methodenstandard					
Qualitäts- klasse	Sehr gut A (5 Pkt.)	Gut B (4 Pkt.)	Mäßig C (3 Pkt.)	Unbefriedig. D (2 Pkt.)	Schlecht E (1 Pkt.)
Qualitätsmerkmale (sonstige Arten)					
Artenselek- tivität (%)	Kein Quer- bauwerk	< 10	10 bis 20	20 bis 30	> 30
Grö- ßenselekt. kleine Ind. (Gmin (cm))	Kein Quer- bauwerk	< 2,5	2,5 bis 5,0	5,0 bis 7,5	> 7,5
Grö- ßenselekt. große Ind. (Gmax (cm))	Kein Quer- bauwerk	> -5	-5 bis -10	-10 bis -15	< -15
Normierte Aufstiegs- zahl N*	Kein Quer- bauwerk	> 2,5	2,5 bis 0,6	0,6 bis 0,1	< 0,1
Akkumula- tions- Effekte im UW	Kein Quer- bauwerk	Keine Akk. Akk. sicher auszu- schließen	Keine Akk., Akk. aber nicht auszu- schließen	Akk. im UW mit FAA	Akk. im UW ohne FAA
Ermittlung des Funktionsindex F					
Qualitäts- klasse	Kein Quer- bauwerk	<3,50 F ≤ 4,00	<2,50 F ≤ 3,50	<1,50 F ≤ 2,50	<1,50 F ≤ 1,50

\* normierte Aufstiegszahl: Mittlere Tagesfangzahl während der Hauptwan-  
derzeiten/MQ

Zur Beurteilung werden fünf Qualitätsmerkmale (Parameter) herangezogen und nach dem Schema in Tab. 5 bewertet. Aus den einzelnen Merkmalen ergibt sich durch Mittelwertbildung ein Funktionsindex, der bei vorhandenem Querbauwerk maximal einen Wert von 4,00 erreichen kann.

### **Zielsetzung und Voraussetzungen**

- Bewertung von FAA an Gewässern unterschiedlicher Größe
- Neben biologischer Funktionskontrolle ist auch eine technisch-hydraulische Charakterisierung des Standorts vorgesehen
- Die technisch-hydraulische Bewertung der FAA erfolgt in Reckingen im Zuge der Bauabnahme sowohl für die bestehende als auch die neue FAA insofern ist hier nur die biologische Funktionskontrolle von Belang.
- Vergleichende Elektrobefischungen im Unterwasser sind zwingend notwendig
- Die bestmögliche Bewertung wird nur erreicht, wenn kein Querbauwerk vorhanden ist. Das bedeutet, dass die gesamte Durchgängigkeit am Standort bewertet wird, nicht nur die Funktionsfähigkeit der FAA. In Reckingen soll dagegen ausschließlich die Funktionsfähigkeit der FAA beurteilt werden.

### **Bewertungskriterien bzw. Qualitätsmerkmale**

#### **Artenselektivität**

Die Artenselektivität beschreibt den prozentualen Anteil der im Unterwasser festgestellten bewertungsrelevanten Arten, die nicht in der Aufstiegszählung nachgewiesen werden konnte.

Pro: Berücksichtigt werden nur solche Arten, die bei begleitenden Elektrobefischungen im Gewässer nachgewiesen wurden und deren aktuelles Vorkommen damit sicher belegt ist.

Contra: Arten, die nicht bei Elektrobefischungen nachgewiesen wurden, gehen auch dann nicht in die Bewertung mit ein, wenn ein Aufstieg dieser Art über die FAA belegt ist.

#### **Größenselektivität gegenüber kleinen Individuen**

Dieses Qualitätskriterium berechnet sich aus der Differenz der mittleren Länge der zehn kleinsten bewertungsrelevanten Individuen aus den Aufstiegskontrollen und der mittleren Länge der zehn kleinsten bewertungsrelevanten Individuen in den Fängen der Elektrobefischungen.

Pro: Diese Bewertungsmethode benötigt keinen Vergleichswert aus anderen FAA.

Contra: Die gesamte Individuenzahl aufgestiegener kleiner Fische wird nicht berücksichtigt. Zehn kleinere Individuen reichen aus, um eine Größenselektivität gegenüber kleinen Individuen auszuschießen.

#### **Größenselektivität gegenüber großen Individuen**

Dieses Qualitätskriterium berechnet sich aus der Differenz der mittleren Länge der zehn größten bewertungsrelevanten Individuen aus den Aufstiegszählungen und der mittleren Länge der zehn größten bewertungsrelevanten Individuen der Fänge der Elektrobefischungen.

Pro: Diese Bewertungsmethode benötigt keinen Vergleichswert aus anderen FAA.

Contra: Einzelne große Individuen bewertungsrelevanter Arten (z.B. Wels) können den Durchschnitt der bei der Elektrofischerei gefangenen Individuen soweit erhöhen, dass aus dem Fehlen ähnlich großer Fische in der Kontrollreue eine schlechte Bewertung resultiert, obwohl die FAA auch für sehr große Fische passierbar ist.

Contra: Die gesamte Individuenzahl aufgestiegener großer Fische wird nicht berücksichtigt. Zehn größere Individuen reichen aus, um eine Größenselektivität gegenüber großen Individuen auszuschließen.

### **Normierte Aufstiegszahl**

Die normierte Aufstiegszahl berechnet sich aus der Anzahl der insgesamt in der Kontrollreue festgestellten Individuen dividiert durch die Anzahl der Untersuchungstage und den mittleren Abfluss MQ des Standorts. Dadurch wird ein mit anderen Untersuchungen vergleichbarer Parameter geschaffen, der unabhängig von der Dauer der Untersuchung und der Gewässergröße ist.

Pro: Die Gewässergröße wird bei der Aufstiegszahl berücksichtigt.

Contra: Dieses Qualitätsmerkmal kann nur während der „Hauptwanderzeit“ erhoben werden. Am Kraftwerk Reckingen soll aber analog zu den bereits durchgeführten Zählungen ein ganzjähriges Monitoring stattfinden.

Contra: Es wird ein linearer Zusammenhang der Anzahl aufsteigender Fische und dem MQ über alle Gewässergrößen vorausgesetzt. Die Methodenentwicklung und die meisten zugrundeliegenden Untersuchungen mit dieser Methodik wurden vor allem an kleineren Gewässern mit einem MQ von weniger als 100 m<sup>3</sup>/s durchgeführt. Der Parameter Aufstiegszahl ist daher nicht ausreichend auf große Flüsse mit MQ Abflüssen deutlich über 100 m<sup>3</sup>/s kalibriert. Ob sich dieser Parameter unverändert an einen sehr großen Fluss wie den Rhein übertragen lässt, ist zweifelhaft.

### **Akkumulation aufstiegswilliger Individuen/Sackgasseneffekte**

Hierbei wird verbal beschrieben, ob aufstiegswillige Individuen unterhalb der FAA oder in einer „Sackgasse“ festgestellt wurden.

Pro: Bei einer funktionsfähigen FAA muss ein Sackgasseneffekt sicher ausgeschlossen werden können.

Contra: Die gesicherte Feststellung von Akkumulationen ist methodisch sehr aufwändig.

### **Qualitätsmerkmale für anadrome Arten**

Das Bewertungssystem sieht unter bestimmten Voraussetzungen eine Bewertung Effektivität der FAA für anadrome Arten vor. Dazu muss die Anzahl der im Unterliegerabschnitt der FAA aufwandernden anadromen Individuen bekannt sein. Gleichzeitig sollen weder im Unterliegerabschnitt noch in einmündenden Nebengewässern Reproduktionsmöglichkeiten für Anadrome gegeben sein, so dass alle aufwandernden anadromen Arten auch die zu untersuchende FAA passieren

müssen. Für die Bewertung der FAA in Reckingen sind beide Voraussetzungen nicht erfüllt. Zudem ist aufgrund bestehender Durchgängigkeitsdefizite in unterhalb gelegenen Kraftwerken aktuell nicht mit einer nennenswerten Individuenzahl anadromer Arten zu rechnen.

### 4.3 Vorschlag zur Kombination beider Methoden

Die folgenden Bewertungskriterien, Parameter und Anwendungskombinationen sollen verwendet werden, um die Funktionsfähigkeit

- der geplanten neuen maschinenhausseitigen FAA (A3) auf deutscher Seite (Variante 1)
- der bestehenden wehrseitigen FAA auf Schweizer Seite (C1 bei Variante V4) oder im Falle der Umsetzung von Variante 5 einer dort neu erstellten FAA (C2a-neu)
- sowie beider FAA in Kombination

ohne gleichzeitige Untersuchungen an anderen Kraftwerksstandorten am Hochrhein zu bewerten.

Die nachstehend dargelegte Methode verwendet dabei u.a. geeignete Parameter und Bewertungskriterien der beiden oben dargestellten anderen Methoden (CH und D) und nimmt bestimmte Anpassungen und Normierungen an die spezifischen gewässertypischen/fischfaunistischen Verhältnisse am Standort Reckingen vor. Wesentlicher Unterschied zur Methode nach Guthruf und Dönni ist, dass kein direkter Vergleich mit den Best-Größen an anderen Hochrheinanlagen durchgeführt wird, sondern wesentliche Parameter mit den Fischbestandsverhältnissen am Standort Reckingen bzw. im Aufwanderungs-Einzugsgebiet desselben verglichen werden.

#### **Bewertungskriterien & Qualitätsmerkmale**

##### **Artenselektivität $S_{Art}$**

Die Artenzahl im Unterwasser ( $A_{UW}$ ) wird primär mittels Elektrofischungen ermittelt. Zusätzliche Artennachweise z.B. aus Fangergebnissen der Angelfischerei werden nur berücksichtigt, wenn sie im Jahr der Untersuchung erfolgt und verifiziert sind.

Die Artenzahl in der FAA ( $A_{FAA}$ ) ergibt sich aus den Art-Nachweisen in den unterschiedlichen Zählleinrichtungen (Zählkammer, Reusen, PIT-Tagging). Arten die ausschließlich in der FAA nachgewiesen werden, werden zusätzlich dem Artenspektrum im Unterwasser zugeordnet.

Die Artenselektivität ermittelt sich, angelehnt an die Formel von EBEL (2006), aus dem Quotienten zwischen der Anzahl von Arten, die sowohl im Unterwasser als auch in der FAA vorkommen und der Anzahl von Arten, die nur im Unterwasser festgestellt wurden. Die Artenselektivität wird in Prozent angegeben (Formel 1). Die Bewertung erfolgt nach Tab. 6.

##### **Formel 1: Berechnung der Artenselektivität**

$$S_{Art} = \left( 1 - \frac{A_{UW \& FAA}}{A_{UW}} \right) \times 100$$

**Tab. 6:** Bewertungskriterien der Artenselektivität

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Artenselektivität $S_{Art}$ [%]	$\leq 7,5$	$> 7,5 \leq 15$	$> 15 \leq 25$	$> 25 \leq 30$	$> 30$

### Längenselektivität gegenüber kleinen Fischen $\Delta L_{min}$

Die Berechnung orientiert sich an EBEL (2006). Im Unterschied dazu werden aber nicht nur adulte, laichreife Tiere als bewertungsrelevant betrachtet, sondern grundsätzlich alle Fische mit einer Totallänge von mehr als 8 cm Körperlänge. Dadurch fließen bei den meisten Arten 0<sup>+</sup>-Fische nicht in die Bewertung mit ein. Fische dieses Altersstadiums bzw. dieser Größe sind meist schwimm-schwach und führen typischerweise auch keine aufwärtsgerichteten Wanderungen durch.

Zur Berechnung der durchschnittlichen Totallänge werden jeweils die 100 kleinsten bewertungsrelevanten Individuen von Elektrofischung und Aufstiegszählungen herangezogen, um einzelne sehr kleine Fische nicht zu stark zu gewichten (Formel 2). Die Totallänge der Fische wird jeweils auf 0,5 cm genau erfasst. Die Bewertung erfolgt nach Tab. 7.

**Formel 2:** Berechnung der Längenselektivität gegenüber kleinen Individuen

$$\Delta L_{min} = L_{min\,FAA} - L_{min\,UW}$$

**Tab. 7:** Bewertungskriterien der Längenselektivität gegenüber kleinen Fischen

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
$\Delta L_{min}$ [cm]	$< 1$	$> 1 < 2,5$	$> 2,5 < 5,0$	$> 5,0 \leq 7,5$	$> 7,5$

### Längenselektivität gegenüber großen Fischen $\Delta L_{max}$

Die Berechnung orientiert sich an EBEL (2006). Zur Berechnung der durchschnittlichen Totallänge werden aber jeweils die 100 größten Individuen mit einer Totallänge von mehr als 50 cm von Elektrofischung und Aufstiegszählungen herangezogen, um einzelne sehr große Fische nicht zu stark zu gewichten (Formel 3). Die Totallänge der Fische wird jeweils auf 0,5 cm genau erfasst. Bei den Arten Wels und Hecht werden nur Individuen bis zu einer Totallänge von 100 cm berücksichtigt. Die Bewertung erfolgt nach Tab. 8.

**Formel 3:** Berechnung der Längenselektivität gegenüber großen Individuen

$$\Delta L_{max} = L_{max\,FAA} - L_{max\,UW}$$

**Tab. 8:** Bewertungskriterien der Längenselektivität gegenüber großen Fischen

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
$\Delta L_{max}$ [cm]	$> -3$	$\leq -3 > -5$	$\leq -5 > -10$	$\leq -10 > -15$	$\leq -15$

## **Aufstiegszahl A**

Grundsätzlich ist es zwingend notwendig, die Aufstiegszahl zu normieren. Ansatzpunkt für eine Normierung ist die Anzahl an wanderwilligen Fischen, die im Unterwasser der Wanderungsbarriere überhaupt zur Verfügung steht. Diese Anzahl aufstiegswilliger Individuen hängt ab von der Gewässergröße, der Gewässerproduktivität, den Fortpflanzungsbedingungen, der Fischartenzusammensetzungen und sonstigen morphodynamischen und strukturellen Rahmenbedingungen des Aufwanderungs-Einzugsgebiets eines Kraftwerks-Wehrstandorts.

Für die Kraftwerke am Hochrhein liegen aktuelle Aufstiegszählungen aus dem Zeitraum Anfang April 2016 bis Ende März 2017 vor (GUTHRUF 2017). Unter den älteren maschinenhausseitigen Anlagen schnitt die FAA in Reckingen im Untersuchungszeitraum 2016/2017 mit etwa 6.000 Individuen am besten ab, während bei den anderen alten Anlagen meist deutlich weniger als 5.000 Fische gezählt wurden. Bei den wehrseitigen Altanlagen erreichte Schaffhausen mit etwa 12.000 Fischen die mit Abstand höchste Aufstiegszahl, die FAA in Reckingen lag mit etwa 3.000 Individuen im Mittelfeld. Am Standort Reckingen trägt gegenwärtig die maschinenhausseitige FAA einen sehr hohen Anteil zum Gesamtaufstieg bei.

Die höchsten Aufstiegszahlen insgesamt wurden am Kraftwerk Rheinfelden am neuen Umgehungsgewässer (wehrseitig, Inbetriebnahme 2012) festgestellt. Hier wanderten 2016/17 etwa 46.000 Individuen auf. Zusammen mit dem maschinenhausseitigen Vertical-Slot-Fischpass belief sich der Aufstieg am Standort Rheinfelden auf knapp 50.000 Individuen in einem Jahr. Ebenso wurde im neuen Umgehungsgewässer am Standort Ryburg-Schwörstadt (maschinenhausseitig, Inbetriebnahme 2014) mit knapp 25.000 Individuen eine sehr hohe Zahl an aufgestiegenen Fischen festgestellt.

Die vergleichswisen hohen Aufstiegszahlen an den beiden zuletzt genannten Standorten werden von drei Faktoren wesentlich beeinflusst:

1. Bessere Funktionalität der neueren FAA
2. Gewässergröße (unterhalb der Aare-Mündung ist der Mittelwasserabfluss mehr als doppelt so hoch als oberhalb bzw. ist der Wasserkörper erheblich größer als der Hochrhein bei Reckingen, ebenso sind dort höhere Fischabundanz und eine wesentlich größere Zahl an wanderwilligen Fischen gegeben)
3. Zusammensetzung des Fischbestandes (wesentlich höhere Dichten von Massenfischen wie Lauben und Rotaugen in den Stauhaltungen unterhalb der Aare-Mündung als im sehr rasch fließenden Bereich zwischen KW Reckingen und Aaremündung)

Um die Aufstiegszahl am Standort Reckingen zu beurteilen, müssen diese Faktoren daher berücksichtigt und daraus die Normierung abgeleitet werden:

1. Die geplante FAA in Reckingen entspricht hinsichtlich der hydraulischen und geometrischen Kennwerte dem aktuellen Stand der Technik bzw. wird die Anforderungen übertreffen. Sie verfügt über mehrere Einstiegsmöglichkeiten um sowohl den Ansprüchen schwimmschwacher als auch schwimmstarker Arten in optimaler Weise gerecht zu werden. Die Positionen dieser Einstiege wurden durch hydraulische Modellierungen optimiert, so dass eine gute Auffindbarkeit gewährleistet sein sollte. Aus diesen Gründen wird davon ausgegangen, dass die grundlegende Funktionalität der geplanten FAA

(rechte Seite) in Kombination mit der bestehenden FAA linksseitig (oder einer Ersatzanlage gemäß V5) in Reckingen mit jener an den Standorten in Rheinfelden bzw. Ryburg-Schwörstadt vergleichbar ist. Im Mittel wurden an diesen beiden Standorten ca. 37.500 Individuen gezählt.

2. Die Gewässergröße des Hochrheins (vereinfacht dargestellt als MQ in m<sup>3</sup>/s) ist in Rheinfelden bzw. Ryburg-Schwörstadt mehr als doppelt so groß als in Reckingen. Der MQ liegt dort bei etwa 1050 m<sup>3</sup>/s, in Reckingen bei ca. 440 m<sup>3</sup>/s. Die Gewässergröße (als MQ) in Reckingen entspricht damit etwa 42 Prozent des Wertes der besten Anlagen in Rheinfelden bzw. Ryburg-Schwörstadt. Als „sehr gute“ Aufstiegszahl am Standort Reckingen wird daher ein Wert von 42 Prozent von 37.500 Individuen, also etwa 15.700 (aufgerundet 16.000 Individuen) angesehen.
3. Die Aufstiegszahlen in Rheinfelden und Ryburg-Schwörstadt werden maßgeblich von den strömungsindifferenten Massen-Arten Laube, Rotaugen und im geringeren Umfang auch vom Flussbarsch geprägt. Diese Arten gehören in Unterwasser Reckingen zu den seltenen Arten, die jeweils mit weniger als 50 Individuen bei den Elektrofischungen 2015/16 nachgewiesen wurden. Bei der letzten koordinierten Fischaufstiegszählung 2016/17 wurden in Reckingen insgesamt 9 Lauben und etwa 960 Rotaugen erfasst. Die Laube trat bei dieser Untersuchung nur bei den FAA-Standorten unterhalb der Aare-Mündung mit nennenswerter Anzahl in Erscheinung. Das Rotaugen gehörte in Reckingen (nur Wehrseite) zwar zu den häufigeren Arten, eine hohe Zahl an Aufsteigern wurde aber bei den Altanlagen nur in Birsfelden (etwa 5.000) erfasst. Bei den neuen Anlagen wurden dagegen 20.000 Lauben und etwa 9.000 Rotaugen in Rheinfelden bzw. etwa 13.000 Lauben und 4.000 Rotaugen in Ryburg-Schwörstadt gezählt. Schon bei der koordinierten Aufstiegszählung 2005/06 wurden verschiedenen indifferente Arten vor allem in den unteren Kraftwerksstandorten registriert, allerdings waren die Unterschiede bei den Altanlagen nicht so deutlich ausgeprägt wie es zuletzt mit den neuen FAA der Fall war.
4. Die aufsteigenden Individuen der genannten indifferenten Massen-Arten, welche den Wehrkraftwerksstandort Albruck-Dogern überwinden können, werden beim weiteren Aufstieg voraussichtlich vermehrt in die Aare einwandern. Diese bietet den genannten Arten aufgrund der niedrigeren Strömungsgeschwindigkeit einen günstigeren Lebensraum als der sehr rasch strömende Hochrhein flussaufwärts der Aareemündung. Die Anzahl aufstiegswilliger Fische dieser Arten ist daher im Aufwanderungs-Einzugsbereich des KW Reckingen auch aus diesem zusätzlichen Grunde wesentlich geringer, als in Rheinfelden oder Ryburg-Schwörstadt.
5. Daher ist es sinnvoll, einen weiteren Korrekturfaktor einzuführen, der den Anfall der indifferenten Massen-Arten wie folgt normierend berücksichtigt: Für den Fall, dass bei den Fischbestandserhebungen mittels Elektrofischerei ein Lauben/Rotaugenanteil kleiner 10 % festgestellt wird und zugleich auch in den Aufstiegszählungen in beiden FAA am Standort Reckingen diese zwei Arten zusammen 10 % unterschreiten, kommt ein zusätzlicher Korrekturfaktor in Form eines 5 %-igen Abschlags von dem maximalen Erwartungswert für die „sehr gute“ Aufstiegszahl von 15.700 Stück zur Anwendung. Der Wert für die sehr gute Aufstiegszahl wird unter diesen Voraussetzungen (festgestelltes starkes Rotaugen/Laubendefizit) auf  $15.700 \times 0,95 = 14.915$ , aufgerundet 15.000 Individuen festgesetzt.

Für die Bewertung der Aufstiegszahl werden die in Tab. 9 dargestellten Bewertungskriterien vorgeschlagen.

**Tab. 9:** Bewertungskriterien der Aufstiegszahl A

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Aufstiegszahl A (n)	≥ 16.000 Ind.	< 16.000 Ind. ≥ 12.000 Ind.	< 12.000 Ind. ≤ 9.000 Ind.	< 9.000 Ind. ≤ 6.000 Ind.	< 6.000 Ind.
Aufstiegszahl A (n) bei Lauben- /Rotaugendefizit	≥ 15.000 Ind.	< 15.000 Ind. ≥ 11.000 Ind.	< 11.000 Ind. ≥ 8.000 Ind.	< 8.000 Ind. ≥ 5.000 Ind.	< 5.000 Ind.

### Aufstiegsdauer D

Bei den aktuellen Aufstiegzählungen (GUTHRUF 2017) haben im untersuchten Hochrhein etwa 95 Prozent der registrierten Wanderbewegung innerhalb des Zeitraums Mai bis Oktober stattgefunden. In diesem Zeitraum wurden summiert an allen untersuchten Anlagen jeweils zwischen ca. 7.000 und 38.000 Individuen pro Monat gezählt. Im April und im November lagen die Zahlen bei etwa 2.000 bzw. 3.000 Individuen. Zwischen Dezember und März waren es meist deutlich unter 1.000 Individuen pro Monat. In diesen Monaten sind nur wenige aufstiegswillige Fische vorhanden, so dass kein täglicher Fischaufstieg zu erwarten ist.

Als Erwartungswert für eine „sehr gute“ Aufstiegsdauer wird daher ein täglicher Aufstieg zwischen Mai und Oktober definiert, dies entspricht einem Zeitraum von 183 Tagen. Als weitere Voraussetzung wird angenommen, dass nur solche Tage berücksichtigt werden, an denen ein Abfluss zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  vorliegt. Die in Tab. 10 vorgeschlagenen Werte werden dann anhand der unteren Zeile entsprechend korrigiert.

**Tab. 10:** Bewertungskriterien der Aufstiegsdauer D

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Aufstiegsdauer D [d]	≥183 Tage	138 bis 182 Tage	92 bis 137 Tage	46 bis 91 Tage	< 46 Tage
Alternativ bei Tagen mit Abflüssen zwischen Mai und Oktober unter $Q_{30}$ bzw. über $Q_{330}$	Mind. Tage von Mai bis Oktober mit Q zwischen $Q_{30}$ und $Q_{330}$	75 bis 99 % von „sehr gut“	50 bis 74 % von „sehr gut“	25 bis 49 % von „sehr gut“	Weniger als 25 % von „sehr gut“

## 4.4 Bewertungsschema und Gesamtbewertung

### 4.4.1 Bewertungs-/Klassifizierungsschema

Zusammenfassend ergibt sich aus den genannten Qualitätskriterien folgendes Bewertungsschema (Tab. 11):

**Tab. 11:** Vorschlag für ein Bewertungs-/Klassifizierungsschema

Bewertung/Klassifizierung		sehr gut (1)	gut (2)	mäßig (3)	unbefriedigend (4)	schlecht (5)
Parameter	Kürzel					
Artenselektivität [%]	S <sub>Art</sub>	≤ 7,5	> 7,5 ≤ 15	> 15 ≤ 25	> 25 ≤ 30	> 30
Längenselektivität gegenüber kleinen Fischen [cm]	ΔL <sub>min</sub>	< 1	> 1 < 2,5	> 2,5 < 5,0	> 5,0 ≤ 7,5	> 7,5
Längenselektivität gegenüber großen Fischen [cm]	ΔL <sub>max</sub>	> -3	≤ -3 > -5	≤ -5 > -10	≤ -10 > -15	≤ -15
Aufstiegszahl (n)	A	≥ 16.000 Ind.	< 16.000 Ind. ≥ 12.000 Ind.	< 12.000 Ind. ≤ 9.000 Ind.	< 9.000 Ind. ≤ 6.000 Ind.	< 6.000 Ind.
Aufstiegszahl (n) bei Lauben-/Rotaugen-defizit	A	≥ 15.000 Ind.	< 15.000 Ind. ≥ 11.000 Ind.	< 11.000 Ind. ≥ 8.000 Ind.	< 8.000 Ind. ≥ 5.000 Ind.	< 5.000 Ind.
Aufstiegsdauer [d]	D	≥ 183 Tage	138 bis 182 Tage	92 bis 137 Tage	46 bis 91 Tage	< 46 Tage
Alternativ bei Tagen mit Abflüssen zwischen Mai und Oktober unter Q <sub>30</sub> bzw. über Q <sub>330</sub>	D	Mind. Tage von Mai bis Oktober mit Q zwischen Q <sub>30</sub> und Q <sub>330</sub>	75 bis 99 % von „sehr gut“	50 bis 74 % von „sehr gut“	25 bis 49 % von „sehr gut“	Weniger als 25 % von „sehr gut“

Für die Bewertung der Funktionsfähigkeit/Effizienz der FAA wird den einzelnen Parametern und Bewertungsstufen ein Zahlenwert zugeordnet. Die beste Bewertungsstufe „sehr gut“ entspricht dem Zahlenwert eins, die schlechteste dem Zahlenwert fünf. Die Wertzahl ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel aller Einzelbewertungen. Daraus resultiert eine Klassifizierung zwischen 1,0 (alle Teilparameter wurden mit „1“ bewertet) und 5,0 (alle Teilparameter wurden mit „5“ bewertet) gemäß Tabelle 12.

**Tab. 12:** Ermittlung der Wertzahl/Qualitätsklasse

Wertklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Wertzahl (Durchschnitt der Einzelbewertungen)	1,0 bis 1,5	1,6 bis 2,5	2,6 bis 3,5	3,6 bis 4,5	4,5 bis 5,0

#### 4.4.2 Zusatzbewertung Auffindbarkeit

Um eines der wesentlichen Planungsziele, die gute Auffindbarkeit der FAA Mündungen für die potamodromen<sup>1</sup> Wanderfische des Hochrheins, besonders zu berücksichtigen und zu gewichten, wird als Zusatzparameter die „Auffindbarkeitseffizienz für rheophile Charakterarten“ eingeführt. Die Auffindbarkeitseffizienz ( $AE_{rheo}$ ) wird als Zuschlag bzw. Abschlag auf die Wertzahl/Klassifizierung gemäß Tab. 12 vergeben.

Die  $AE_{rheo}$  wird aus den Ergebnissen des PIT-Taggings ermittelt und bewertet die Auffindbarkeit der FAA für die im Haupt-Aufwandereinzugsgebiet der FAA am KW Reckingen (Unterwasser Reckingen bis Koblenzer Laufen) charakteristischen, rheophilen Zielfischarten<sup>2</sup>, für welche die Verbesserung der Durchgängigkeit besondere Bedeutung hat. Im Fokus stehen dabei die Leitart Barbe, sowie die Arten Forelle, Nase und bei Fang ausreichender Anzahl auch die Äsche.

Anhand der PIT-Tagging Untersuchungen bzw. der entsprechenden Redetektionsergebnisse kann in Anlehnung an ein großumfängliches Untersuchungsprogramm an der Elbe (HUFGARD et al 2014) unterschieden werden, ob die Fische im Hochrhein flussabwärts des KW Reckingen eher ufertreu aufwandern oder den Fluss kreuzen oder sich rein hauptströmungs-orientiert bewegen. Dabei kann sehr gut die „Attraktivität“ der einzelnen FAA Mündungen für die Aufwanderer festgestellt werden.

Der Zusatzparameter  $AE_{rheo}$  wird über die sog. Redetektionsrate ermittelt und somit aus dem Verhältnis (Prozentanteil) zwischen

- der Gesamtanzahl der PIT-tag-markierten rheophilen Charakterarten, die im Rhein unterhalb der FAA am KW Reckingen wieder eingesetzt werden und
- der Anzahl an Individuen, welche in den untersuchten Mündungen der FAA re-detektiert werden (Anzahl Mündung aufgefunden).

Dabei wird nachfolgende (vorläufige) Bewertungsmatrix vorgeschlagen:

**Tab. 13:** Zusatzbewertung: Auffindbarkeitseffizienz für rheophile Charakterarten ( $AE_{rheo}$ )

$AE_{rheo}$	Redetektionsrate (Registrierung in FAA Mündungen) in %	Wertpunkte-Zu-/Abschlag
gut	> 20	-0,50
durchschnittlich	>5 – 20	±0,00
schlecht	<5	+0,50

Bislang gibt es nur wenige Untersuchungen bzw. Daten zur PIT-Tag-Redetektion von potamodromen<sup>1</sup> Fischarten in FAA an großen Flüssen der Äschen-Barbenregion, die mit dem Hochrhein vergleichbar sind. In Bälde - und noch vor Beginn eines Monitorings am KW Reckingen - sollten aber aus den im Frühjahr 2017 begonnenen PIT-Tag-Untersuchungen an den unteren Hochrheinkraftwerken Birsfelden bis Säckingen sehr gute Daten bzw. Vergleichszahlen zu den Redetektionsraten am Hochrhein vorliegen.

<sup>1</sup> potamodrom: nur im Süßwasser wandernde Fischarten

<sup>2</sup> Berücksichtigt werden nur die rheophilen potamodromen Wanderfische, von welchen eine nennenswerte Anzahl an PIT-tag-fähigen Exemplaren im Untersuchungsgebiet erwartet werden können

Es wird daher vorgeschlagen, vor Beginn des Monitorings in Reckingen, die Klassengrenzen der Redetektionsrate gemäß Tab. 13 anhand der Daten/Ergebnisse des PIT-Tag-Monitorings am unteren Hochrhein zu revidieren und ggf. anzupassen.

#### **4.4.3 Gesamtbewertung-/Klassifizierung**

Für die Gesamt-Bewertung der Funktionsfähigkeit/Effizienz der FAA (Tab. 14) wird mit der Wertzahl, die sich aus der Anwendung des Bewertungsschemas gemäß Tab. 11 und Tab. 12 ergibt, der Zu- oder Abschlag für die Auffindbarkeitseffizienz nach Tab. 13 verrechnet. Bei Erreichen der Klassifizierungen „sehr gut“ und „gut“ (Wertzahlen 0,5-2,5) gilt die gute ökologische Durchgängigkeit am Wehr-/Kraftwerksstandort Reckingen als plangemäß wiederhergestellt. Bei „mäßiger“ oder schlechterer Einstufung (Wertzahlen > 2,5) ist Handlungsbedarf gegeben (falls möglich Mängelbeseitigung bei FAA A3 oder Neubau FAA C2a-neu linksseitig).

**Tab. 14:** Gesamtbewertung/-Klassifizierung nach Berücksichtigung der Auffindbarkeitseffizienz  $AE_{rheo}$

Wertklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Gesamtwertzahl nach Verrechnung mit $AE_{rheo}$	0,5 bis 1,5	1,6 bis 2,5	2,6 bis 3,5	3,6 bis 4,5	4,5 bis 5,5

## 5. Literatur

- BAFU (2016): Ökologische Sanierung bestehender Wasserkraftanlagen: Finanzierung der Massnahmen. Ein Modul der Vollzugshilfe "Renaturierung der Gewässer". – 51 pp. Bern (Bundesamt für Umwelt).
- BAFU (2016): Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit. Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen. Arbeitsgemeinschaft Handbuch Wirkungskontrollen Fischgängigkeit
- DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. – .
- EBEL (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel (Heft 2)
- GERSTER, S. (1998): Hochrhein: Aufstiegskontrollen 1995/96; Vergleich mit früheren Erhebungen; Rückgang der Rotaugenbestände; mögliche Ursachen. – (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft).
- GUTHRUF, J. (2006): Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. - Gutachten im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn, des Amtes für Wald, Jagd und Fischerei des Kantons Solothurn, der Sektion Jagd und Fischerei, BVU des Kantons Aargau und der Abt. Landschaft und Gewässer, BVU des Kantons Aargau. p. 143,.
- GUTHRUF, J. (2008): Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. – In: – p. 161,.
- GUTHRUF, J. (2017): Koordinierte Fischaufstiegszählung am Hochrhein - Fischaufstieg während eines Jahres, Anfang April 2016 bis Ende März 2017. Zwischenresultate der koordinierten Fischaufstiegszählungen 2016/17, unveröffentlicht. – .
- GUTHRUF, J. & DÖNNI, W. (2014): Methodik zur Bewertung koordinierter Fischaufstiegszählungen bei Kraftwerksanlagen an grossen Flüssen, insbesondere am Hochrhein. -Fachbericht Aquatica, Fischwerk. p. 27, (Fachbericht Aquatica, Fischwerk).
- HUFGARD, H., ADAM, B. & U. SCHWEVERS (2014): Ergebnisse des Aufstiegsmonitorings an Europas größter Fischaufstiegsanlage an der Elbe in Geesthacht, Tagungsband, 25. SVK-Fischereitagung, Künzell,,
- LFU (2005): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern. Leitfaden Teil 1 - Grundlagen. – .
- STAUB & GERSTER (1992): Fischpassanlagen der Hochrheinkraftwerke: Aufstiegskontrollen 1985/86 und Vergleich mit früheren Erhebungen. – .