

Optimierung Kraftwerk Aarau

Bau- und Auflageprojekt

Beilage zur UVB Hauptuntersuchung

5.1 Fachbericht Gewässerökologie und Fische

Gesuch vom 6. April 2021



Büro für Gewässerökologie
und Wassertechnik

Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach

Tel.: +41 31 781 49 40,
E-Mail: info@aquatica-gmbh.ch

Optimierung Kraftwerk Aarau, Bau- und Auflageprojekt

UVB, Fachbericht Gewässerökologie und Fische



UVB, Fachbericht, 12.07.2019

Auftraggeber: Eniwa AG



Büro für Gewässerökologie
und Wassertechnik

Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler Tel.:
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach

+41 31 781 49 40,
E-Mail: info@aquatica-gmbh.ch

Impressum

Autor: Joachim Guthruf

Fachliche Begleitung: Thomas Wagner, Sigmoplan AG

Auftraggeber: Eniwa AG

Zitiervorschlag: GUTHRUF, J. (2019): Erneuerung Kraftwerk Aarau, Bau- und Auflageprojekt UVB, Fachbericht Gewässerökologie und Fische. – Fachbericht Aquatica, Auftrag: Eniwa AG: 21 S.

Titelbild: Blick vom Süd-Kanal auf das Kraftwerk Aarau. Foto J. Guthruf.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1. Ausgangslage	3
1.1. Das Projekt 2013.....	3
1.2. Beibehaltene Bauten und Massnahmen aus dem Projekt 2013.....	3
1.2.1. Massnahmen Wehr	3
1.2.2. Ökologische Aufwertungs- und Ersatzmassnahmen.....	3
1.3. Veränderungen gegenüber dem Auflageprojekt 2013	3
1.3.1. Optimierungen an Kraftwerksanlagen	3
1.3.2. Weitere Anpassungen gegenüber dem Auflageprojekt 2013.....	4
1.3.3. Umweltmassnahme, die gestrichen wird	4
2. Gewässerökologische Beurteilung Bauphase	4
3. Gewässerökologische Beurteilung Betriebsphase.....	6
3.1. Fischaufstieg	6
3.1.1. Optimierung Einstieg Raugerinne-Beckenpass beim Wehrkraftwerk	6
3.1.2. Neue FAH beim Hauptkraftwerk.....	7
3.2. Fischabstieg	9
3.2.1. Fischabstieg Hauptkraftwerk HKW (Turbinenpassage)	9
3.2.2. Fischabstieg Wehrkraftwerk (Horizontalrechen, Bypass, Wehranlage)	10
3.3. Rückbau Mitteldamm.....	13
3.4. Gesamtschau Betriebsphase	16
4. Literaturverzeichnis	18

1. Ausgangslage

1.1. Das Projekt 2013

Das im Herbst 2013 aufgelegte Erneuerungsprojekt des Wasserkraftwerks Aarau ist seit dem Dezember 2017 rechtsgültig bewilligt. Ein grosser Teil der damals projektierten Bauten und Massnahmen wurde unverändert ins aktuelle Projekt übernommen. Diese sind im Kapitel 1.2 aufgeführt und werden im Folgenden nicht mehr behandelt.

1.2. Beibehaltene Bauten und Massnahmen aus dem Projekt 2013

Folgende gewässerökologisch relevanten Bauten und Massnahmen entsprechen dem Auflageprojekt 2013 und wurden auch im vorliegenden Projekt (2019) beibehalten. Es sind dies u. a. alle Massnahmen, mit denen die Umweltverträglichkeit der Kraftwerkerneuerung sichergestellt wird, sowie die dazu notwendigen Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen. Im Folgenden sind alle gewässerökologisch relevanten Massnahmen aus dem Projekt 2013 aufgeführt (Auszug aus dem technischen Bericht):

- Sanierung Böschungen Oberwasser-Kanal
- Bau einer Niederwasserrinne im Oberwasser-Kanal

1.2.1. Massnahmen Wehr

- Sanierung des Stauwehrs (grosser Unterhalt an Stahlwasserbauten, Erneuerung Tosbecken im Unterwasser des Stauwehrs),
- Neubau eines fischschonenden Dotierwasserkraftwerks am rechten Wehrwiderlager, Horizontalrechen mit Fischabstieg und Schwemmgutabzug,
- Umnutzung des Dotierkraftwerks am linken Ufer als Geschiebeabzug, Umgestaltung Areal Netzbau mit grossräumiger Renaturierung, Wasserspielplatz und neuer Kahnrampe zwischen Oberwasser-Kanal und Altlauf.

1.2.2. Ökologische Aufwertungs- und Ersatzmassnahmen

- Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen
- Renaturierung Areal Netzbau
- Lenkungsbauwerk für Geschiebedurchgängigkeit und Aalrohr sowie Geschiebeabzug am Eintritt zum Oberwasser-Kanal
- Seitengewässer und Amphibienteich im Grien
- Flachwasserzonen im Uferbereich des Oberwasser-Kanals
- Revitalisierung Erzbach
- Uferabflachung „Alte Badi“

1.3. Veränderungen gegenüber dem Auflageprojekt 2013

1.3.1. Optimierungen an Kraftwerksanlagen

Die Optimierungen konzentrieren sich primär auf den Standort der heutigen Kraftwerkszentrale und enthalten im wesentlichen folgende Bauten (Auszug aus dem technischen Bericht):

1. Am Standort der Zentrale 2: Neue Kraftwerkszentrale vom Typ Deckelkraftwerk mit 3 grossen, horizontalachsigen Kaplan-Rohrturbinen vom Typ "Bulb".
2. Am Standort der Mittelinsel: Der Fischaufstieg wird durch einen Vertikalschlitzpass sichergestellt mit Einstiegen linksufrig und rechts des Kraftwerksblocks.
3. Vorbereitungsmaßnahmen für eine allfällige spätere Leiteinrichtung ("bar rack") und Bypass.
4. Am Standort der Zentrale 1: 2 neue Hochwasser- und Schwallentlastungen bestehend aus 2 mit Stauklappen verschliessbaren Wehröffnungen. Die bisherige Zentrale 1 wird vollständig rückgebaut. Es fallen folgende Bauten und Anlagen aus dem Auflageprojekt weg:
 - Retrofit-Turbinen der Zentrale 1, welche durch relativ hohe Mortalitäten charakterisiert waren.
 - Rechtsufriger Fischpass bei der Zentrale 1

1.3.2. Weitere Anpassungen gegenüber dem Auflageprojekt 2013

Weiter wurden folgende Anpassungen im Stauraum und beim Wehr Schönenwerd bzw. beim Dotierkraftwerk vorgenommen.

1. Optimierung des Einlaufbereichs zum Dotierkraftwerk beim Wehr
2. Anpassung Ein- und Ausstieg des Raugerinne-Beckenpasses.
3. Vollständige Entfernung des Mitteldamms auf 850 m Länge mit den zugehörigen Ersatzmassnahmen.
 - U9 Aufwertung rechtes und linkes Kanalufer mit Flachwasserzonen
 - U13 Uferabflachung „Alte Badi“: Die Uferabflachung „Alte Badi“ bleibt weiterhin unter den Ausgleichmassnahmen zum Abbruch des Mitteldamms aufgeführt, wird aber leicht angepasst.
 - U14 Flutungswiese im Grien
 - U15 Kanaluferstrukturierung Aufeld
 - U16 Kanaluferstrukturierung Erzbach
 - U17 neues Seitengerinne im Grien
 - U18 Aufwertung linkes Aareufer im Unterwasser (beim heutigen Unterwerk)

1.3.3. Umweltmassnahme, die gestrichen wird

Es fällt folgende Umweltmassnahme aus dem Auflageprojekt weg:

- U10 Neues Naturschutzgebiet (Biberspitze) fällt weg, da der Mitteldamm komplett entfernt wird.

2. Gewässerökologische Beurteilung Bauphase

Die Aare im Raum Aarau beherbergt zahlreiche Kieslaicher, darunter auch Arten wie die Äsche und die Barbe (GUTHRUF 2009b, FRIEDL 2013), welche ihren Laich im Kies abgeben. Da Äschen ihre Eier im Kies vergraben, sind sie bei ihrer natürlichen Fortpflanzung noch stärker als andere kieslaichende Arten auf eine lockere Kiessohle angewiesen. Die Verdichtung des

Sohlenmaterials durch Feinstoffe führt zu einer Reduktion der Fliessgeschwindigkeit des Wassers im Kieslückensystem, was wiederum eine verminderte Sauerstoffzufuhr für die Eier oder Brütlinge zur Folge hat. In verschiedenen Gewässern konnte nachgewiesen werden, dass die Überlebensrate vom Ei zum Brütling mit zunehmendem Feinstoffanteil sinkt (ERNST & NIELSEN 1983, OLSSON & PERSSON 1986, GÖNCZI 1989, ZEH 1993). Besonders negativ wirkt sich eine Belastung mit Feinstoffen aus, wenn die Sohle während der gesamten Entwicklungsphase vom Ei zur Bachforellenbrut mit feinem Schlamm verstopft oder abgedichtet wird.

Barben laichen vom Mai bis Anfang Juli, und die Eier und die geschlüpften Brütlinge bleiben bis Mitte Juli in der Kiessohle. Äschen laichen vom März bis April und die Eier und Brütlinge bleiben bis Anfang Mai im Kies (Tab. 1). Das bedeutet, dass **vom Anfang März bis Mitte Juli keine Arbeiten auszuführen sind, welche Trübungen verursachen.**

Sind Arbeiten in dieser Jahreszeit unumgänglich, ist mit Wasserhaltungen sicherzustellen, dass es zu keiner starken Trübung der Aare und des Erzbaches kommt. Da zwei Kantone (AG, SO) involviert sind, sind die zuständigen Fischereifachstellen frühzeitig zu kontaktieren.

Tab. 1 Laichzeiten und Zeiten der Brütlingsentwicklung der beiden Arten, die ihre Eier im Kies vergraben (Bachforelle und Äsche)

Fischart	heikle Phasen	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul
Äsche	Laichzeit			■	■			
	Entwicklung Eier und Brut			■	■	■		
Barbe	Laichzeit					■	■	■
	Entwicklung Eier und Brut						■	■

Neben der Beeinträchtigung der natürlichen Fortpflanzung hat die Verschlammung der Gewässersohle eine weitere negative Auswirkung für die Gewässerorganismen und die Fische: Die Nährtierfauna, welche im Kieslückenraum lebt und diesen als Zufluchtsort bei Katastrophenereignissen wie Hochwasser oder Abtrocknung nutzt, verliert bei einer Verschlammung der Sohle ihren Lebensraum und Refugien und wird dadurch sehr stark in Mitleidenschaft gezogen. Die gesamte darauf aufbauende Nahrungskette inkl. Fische leidet unter der Verschlammung der Gewässersohle. Auch deshalb sollten Arbeiten, welche eine starke Trübung verursachen, nicht während der Jahreszeit mit geringem Abfluss ausgeführt werden.

Werden während der Bauarbeiten Gewässerteile trockengelegt, ist die zuständige Fischereifachstelle frühzeitig zu kontaktieren, um eine Notabfischung der betreffenden Baustellenteile zu vereinbaren.

Die Trockenlegung der beiden Oberwasserkanäle stellt einen tiefgreifenden Eingriff dar, bei dem die betroffenen Fische zeitlich gestaffelt abgefischt werden müssen. Die Kanäle sind so langsam abzusenken, dass die Abfischungsteams den Fang und Transport der Fische bewältigen können und keine Fische stranden. Mit einer Länge der Abfischungstrecke von über 2 km, grösstenteils unterteilt in 2 Kanäle und einem zu erwartenden Total von annähernd 5'000 Fischen ist die Abfischung auch logistisch eine Herausforderung:

- Die Fische müssen mit ausreichend Frischwasser und Sauerstoff versorgt werden
- Die Wassertemperatur in den Hälterbecken ist zu überwachen
- Der Transport über die langen Strecken ist zu organisieren
- Das erforderliche Personal für den Fang und den Transport der Fische ist zu organisieren
- Die notwendigen Gerätschaften für Fang, Hälterung und Transport der Fische sind zu organisieren
- Für die Rettung der Bachneunaugen ist ein separates Team einzusetzen.

Die Abfischungen im Oktober 2009 waren sehr erfolgreich, waren doch sämtliche Fische, die anlässlich der Erhebung gezählt und vermessen wurden in ausgezeichnetem Zustand. Das

Wissen der Personen, welche die Abfischung organisiert haben, ist unter allen Umständen für die Planung der künftigen Abfischung einzubeziehen. Auch Optimierungsmöglichkeiten sind im Vorfeld der Abfischung auszumachen. An die Sitzung zur Vorbereitung sind möglichst viele Personen einzuladen, welche die Abfischung im Jahr 2009 organisiert und begleitet haben.

3. Gewässerökologische Beurteilung Betriebsphase

Zum Projekt existieren zahlreiche Berichte, welche als Quelle für den vorliegenden Bericht Verwendung fanden:

- BILLETTER, P.; MEIER, L.; MENDE, M.; MÜLLER, U.; FEDERSPIEL, M.; STEHRENBARGER, M.; MEYER, J.-M. (Stand 3.5.2018): Erneuerung Kraftwerk Aarau, Bau- und Auflageprojekt, Neues Flusskraftwerk Aarau (neues Hauptkraftwerk, weitere Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen, Optimierung der Massnahmen für die Fischwanderung) Technischer Bericht IUB Engineering IM Maggia Engineering AG, Auftrag: Eniwa Kraftwerk AG: 23 S.
- GUTHRUF, J. (2009a): Fischaufstiegskontrollen im neuen Raugerinne-Beckenpass beim Wehr Schönenwerd. - Bericht Aquatica, Auftrag: Kraftwerk IB Aarau AG: 16 S.
- GUTHRUF, J. (2009b): IBAarau Kraftwerk AG UVB, Fachbericht Gewässerökologie. - Fachbericht Aquatica, Auftrag: IBAarau Kraftwerk AG: 44 S.
- Meier, L.; Mende, M.; Billeter, P. (2018): Dotierkraftwerk und Wehr Schönenwerd / Erlinsbach - Wiederherstellung der Fischgängigkeit, Technischer Bericht zum Variantenstudium Bericht IUB Engineering, Auftrag Eniwa: 19 S.
- Meier, L.; Mende, M.; Billeter, P. (2018): Kraftwerk Aarau - Wiederherstellung der Fischgängigkeit, Technischer Bericht zum Variantenstudium Bericht IUB Engineering, Auftrag Eniwa: 9 S.
- RICKENBACHER, U.; DI MICHELANGELI, S. (2019): Wiederherstellung Fischwanderung, Abklärung der Situation betreffend Fischabstieg an der Gesamtanlage. – Bericht Axpo Power AG Hydroenergie, Auftrag: Kraftwerk Aarau / Eniwa AG: 46 S. + 48 S. Anhang.

3.1. Fischaufstieg

3.1.1. Optimierung Einstieg Raugerinne-Beckenpass beim Wehrkraftwerk

Der bestehende Raugerinne-Beckenpass hat sich sehr bewährt, wie viele Fischaufstiegszählungen zeigten (GUTHRUF 2009a, b). Insgesamt 29 Arten waren im Aufstieg vertreten, darunter auch sohlengebundene Arten wie Groppe, Schmerle, Steinbeisser und Gründling als auch Kleinfischarten wie Elritze und Schneider. Auch grosse Arten wie Hecht, Karpfen und Wels stiegen auf. Gemessen am im Unterwasser nachgewiesenen Fischbestand waren sämtliche Arten im Fischaufstieg anzutreffen (100%). Auch eine Längenselektion konnte nicht nachgewiesen werden.

Entsprechend wurde die Anlage als nicht sanierungspflichtig eingestuft (GERSTER 2014). Angesichts des Baus der neuen Dotierturbine muss der Einstieg der FAH verlegt werden. Bereits im Auflageprojekt aus dem Jahr 2013 wurde der Einstieg näher zum Hindernis verlegt, wodurch sich die Auffindbarkeit der FAH deutlich verbessert.

Generell fällt die FAH durch gute bis sehr gute technische Bewertungen auf. Ihre besonderen Stärken liegen in der durchgehenden Natursohle, welche gewährleistet, dass die Fliessgeschwindigkeit im Sohlenbereich reduziert wird, so dass auch schwache Schwimmer wie Kleinfische und Jungfische das Hindernis überwinden können. Sohlenorientierte Arten können die FAH sowohl als Wanderachse wie auch als Lebensraum nutzen. Dasselbe gilt für die wirbellosen Tiere des Flussgrundes (Makrozoobenthos). In den Sand- und Schlammablagerungen, die sich im Raugerinne-Beckenpass beim Wehr Schönenwerd gebildet hatten, konnte im Jahr 2007 ein Querder (Larve des stark gefährdeten Bachneunauges nachgewiesen werden (Fotos

Titelblatt). Auch wenn das Bachneunauge im Jahr 2007 nicht als aufsteigende Art nachgewiesen werden konnte, so dient ihm die Anlage als wertvolles Larven- und Juvenilhabitat. Weiter ist in der FAH beim Wehr Schönenwerd die Tiefe der Becken über die gesamte Länge der FAH im idealen Bereich für wandernde Fische

Einzig die maximale Leistungsdichte ist mit 150 W/m^3 hoch. Durch die damit verbundenen relativ hohen Turbulenzen können empfindliche Arten wie Hecht und Zander von der Passage der FAH abgehalten werden. Deshalb liegt der Grenzwert gemäss DWA tiefer bei 100 W/m^3 . Ferner liegt die Höhendifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Becken (Δ_H) mit 15 cm an der oberen Grenze für ein Gewässer der Barbenregion. Im aktuellen DWA-Merkblatt (ADAM et al. 2014) werden keine Grenzwerte für die Höhendifferenz zwischen zwei Becken angegeben, sondern für die maximale Fliessgeschwindigkeit im Schlitz. Bereits ein Δ_H von 14 cm würde ausreichen, um den Grenzwert gemäss DWA für die Barbenregion von 1.7 m/s zu unterschreiten. Aufgrund der sehr guten Resultate aus den vergangenen Fischzählungen erscheint jedoch eine Anpassung der vorhandenen Fischaufstiegshilfe als nicht notwendig.

Im Vergleich zur Version aus dem Jahr 2013 wird anstelle von zwei Einstiegen ein Einstieg vorgesehen, welcher sehr nahe beim Hindernis und in unmittelbarer Nähe zur Turbinenabströmung platziert wird. Dadurch kann die Lockwassermenge gebündelt werden, wodurch sich die Auffindbarkeit der FAH zusätzlich verbessert. Im Unterschied zum Projekt aus dem Jahr 2013 (Mündungswinkel 30°) mündet der Einstieg parallel zur Turbinenabströmung (Mündungswinkel 0°), wodurch sich die Auffindbarkeit zusätzlich verbessert (ADAM et al. 2014). Der Ausstieg liegt weiter entfernt vom Wehr in einem Bereich mit beruhigter Strömung. Das Risiko, dass aufgestiegene Fische nicht gegen die Wehrströmung anschwimmen können und durch die Wehrklappen verdriftet werden, ist kleiner geworden.

Untersuchungen an den Wehren Winznau und Schönenwerd zeigten, dass mit herkömmlichen Zählbecken weniger als 10% der aufsteigenden Fische erfasst werden. Durch die Ausrüstung mit einer funktionsfähigen Reusenkehle können über 90% der aufsteigenden Fische erfasst werden (WILMSMEIER et al. 2018). Durch die Ausrüstung des Zählbeckens mit einer dem Wissensstand entsprechenden Reusenkehle sind rund zehnmals grössere Zahlen aufsteigender Fische zu erwarten. Mit den höheren Fangzahlen stieg auch die Quote der verletzten und toten Fische. Um Ausfälle bei der Zählung wieder zu reduzieren, ist das Zählbecken im Rahmen der Ausführungsplanung den neuen Gegebenheiten anzupassen (WILMSMEIER et al. 2018).

Sämtliche übrigen Eigenschaften der FAH wurden bereits im Fachbericht aus dem Jahr 2009 (Teil des Projekts 2013) behandelt.

Angesichts der geplanten Ausrüstung des Zählbeckens mit einer Reusenkehle ist eine Fischaufstiegszählung vorzusehen, im Idealfall koordiniert mit den anderen Aarekraftwerken.

Die FAH konnte im Vergleich zum Projekt 2013 nochmals verbessert werden, insbesondere was die Auffindbarkeit betrifft. Die Auffindbarkeit ist sehr entscheidend für die Funktionsfähigkeit einer FAH (SCHWEVERS & ADAM 2019). Auch der Ausstieg ins Oberwasser wurde verbessert. Die Zählrichtung wird gemäss aktuellem Projekt an den aktuellen Stand des Wissens angepasst (Reusenkehle). Um die Verletzungs- und Sterberate der Fische zu minimieren, sollte Grösse des Zählbeckens an die neuen Verhältnisse angepasst werden.

3.1.2. Neue FAH beim Hauptkraftwerk

Sowohl die FAH des Auflageprojekts als auch die aktuell projektierte FAH (2019) entsprechen in allen Kriterien dem aktuellen Stand der Technik.

Ein direkter Quervergleich der FAH gemäss aktuellem Projekt und demjenigen aus dem Jahr 2013 ist nur teilweise möglich:

Die **Passierbarkeit** der FAH hat sich seit dem Projekt aus dem Jahr 2013 zwar leicht verändert, aber kritische Kriterien für die Zielarten Lachs und Barbe gab es weder im Projekt aus

dem Jahr 2013 noch im aktuellen. Sämtliche Grenzwerte gemäss DWA (2014) werden eingehalten und auch der Sohlenanschluss ist vom Einstieg bis zum Ausstieg durchgehend und bei beiden Einstiegen gewährleistet.

Tab. 2 Technische Beurteilung der FAH des Projekts 2013 und des aktuellen Projekts nach den Grenzwerten gemäss DWA (2014). Grüne Felder: Grenzwerte werden eingehalten.

	FAH-Typ	Beckenlänge [m]	Beckenbreite [m]	Wassertiefe [m]	Schlitzbreite [m]	V_{\max} [m/s]	Δ_H Becken [m]	Sohlenanschluss
Grenzwert DWA (2014)		3.0	1.5-2.0	0.42	0.30	1.60	0.13	1
Projekt 2019	VSP	3.0	2.25	0.97	0.35	1.47	0.13	1
Projekt 2013 linksufrig	VSP	3.0	2.00	1.23	0.30	1.56	0.12	1
Projekt 2013 rechtsufrig	VSP	3.0	1.80	1.26	0.30	1.55	0.12	1

Die Auffindbarkeit einer FAH für Fische hängt von verschiedenen Kriterien ab: Einen sehr wichtigen Einfluss hat die Leitströmung, welche wiederum wesentlich vom Anteil der Dotierung der FAH inkl. Lockwasserzugabe am konkurrierenden Abfluss abhängt. (LARINIER 1983) verlangt, dass die Dotierung der FAH (inkl. Lockwasserzugabe) mindestens 1 bis 5% des konkurrierenden Abflusses betragen sollte.

Im Projekt aus dem Jahr 2013 stand bei einer Nutzwassermenge von maximal 400 m³/s (welche mit dem konkurrierenden Abfluss gleichzusetzen ist¹) eine Dotierwassermenge inkl. Lockwasserzugabe von insgesamt 5.0 m³/s (4.0 m³/s in der linken und 1.0 m³/s in der rechten FAH) zur Verfügung, was 1.2% des konkurrierenden Abflusses entspricht.

Beim aktuellen Projekt beträgt die Dotierung inkl. Lockwasserzugabe 4.2 m³/s, was 1.0% des konkurrierenden Abflusses und den Empfehlungen der interkantonalen Aareplanung entspricht. Im Weiteren werden mittels Lockstropmpumpen Reserven eingebaut, um zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf die Lockströmung verbessern zu können.

Die Auffindbarkeit wird zudem durch die Lage des Einstiegs beeinflusst. Grundsätzlich sollte der Einstieg im Rahmen der hydraulischen Gegebenheiten möglichst nahe beim Hindernis liegen, wobei zu beachten ist, dass der Einstieg ausserhalb hydraulischer Barrieren wie zu hoher Fließgeschwindigkeiten und Turbulenzen im Bereich der Turbinenabströmung zu liegen kommt. Er sollte sich zudem nicht in Stillwasserzonen oder Widerwassern befinden. Mit Hilfe einer 2d-Modellierung konnten die optimalen Standorte der beiden Einstiege ermittelt. Durch die Aufteilung des linksufrigen Einstiegs auf zwei Öffnungen steht sowohl ein nahe bei den Turbinen gelegener Aufstiegskorridor für starke Schwimmer und der weiter in Fließrichtung versetzter Korridor für schwache Schwimmer zur Verfügung.

Auch der Mündungswinkel der FAH ins Hauptgerinne kann eine Rolle spielen, je kleiner der Winkel, desto besser die Auffindbarkeit. Aus den verfügbaren Unterlagen liess sich der genaue Mündungswinkel nicht beurteilen, er sollte aber den Grenzwert gemäss DWA (2014) von 30° in allen drei Einstiegen darunter liegen. Da sich aufsteigende Fische an der Hauptströmung orientieren, sollte der Einstieg möglichst im Bereich oder an der Kante zur Hauptströmung münden, wobei die dort herrschende Fließgeschwindigkeit die Leistungsfähigkeit des aufsteigenden Fisches nicht überfordern darf. Beobachtungen in Thun belegen, dass sich die Fische genau in diesen Grenz-Zonen konzentrierten. Die Erhebung zeigte aber zudem, dass die

¹ Nur wenige Stunden pro Jahr herrscht Wehrüberfall beim Hauptkraftwerk.

Standorte der Fische je nach Abfluss variierten (GUTHRUF et al. 2018). Auf Grund der 2d-Modellierung liegen beide Einstiege am Rand der Hauptströmung, aber ausserhalb hydraulischer Barrieren. Selbst bei geringem Abfluss (Q330) liegen sie ausserhalb von Zonen mit stehendem Wasser.

Die Passierbarkeit der FAH hat sich im Quervergleich der Projekte 2013 und 2019 nur unwesentlich geändert. Sämtliche Grenzwerte gemäss (ADAM ET AL. 2014) wurden in beiden Projekten eingehalten. Die FAH entsprechen dem aktuellen Stand der Technik. Die Auffindbarkeit der FAH im Vergleich zum Projekt 2013 ist schwierig zu beurteilen. Es wird davon ausgegangen, dass der Einstieg aufgrund der gut gewählten Lage der Einstieg und der geplanten Dotierung des Lockwassers gut auffindbar sein wird. Sollte nachträglich die Auffindbarkeit aufgrund der Lockströmung optimiert werden können, steht noch mittels einer zusätzlichen Lockstromdüse eine Reserve bereit.

3.2. Fischabstieg

3.2.1. Fischabstieg Hauptkraftwerk HKW (Turbinenpassage)

Fischaufstiegshilfen geben aufwärts wandernden Fischen die Möglichkeit, Wanderhindernisse wie Kraftwerkszentralen und Wehre erfolgreich zu überwinden. Das Prinzip der Leitströmung ermöglicht den Fischen, dass sie den Einstieg trotz verhältnismässig geringer Dotierung der Anlage effizient finden. Für absteigende Fische funktioniert dieses Prinzip nicht, sie folgen der Hauptströmung, welche zwangsläufig über die Turbinen führt. Lösungen wurden in Nordamerika für einzelne Arten wie z.B. pazifische und atlantische Lachse entwickelt, und es wurden erste Erfolge erzielt. Daneben gibt es aber auch viele Misserfolge, vor allem bei grossen Flüssen. Da die Distanz zum Ufer und die bevorzugte Schwimmtiefe je nach Fischart stark variiert, konnte das Abstiegsproblem bis heute in Gewässern mit einem aus mehreren Arten bestehenden Fischbestand nicht gelöst werden (LARINIER et al. 2002). In vergleichsweise kleinen Kraftwerken liegen erste Ergebnisse von Studien vor (ZAUGG & MENDEZ 2018). Im Rahmen von Modellversuchen an der Versuchsanstalt für Wasserbau wurden Verhaltensbarrieren, so genannte «bar racks» geprüft (KRIEWITZ 2015, KRIEWITZ et al. 2015). Nach vielversprechenden Ergebnissen laufen zur Zeit an zwei grossen Kraftwerken in der Schweiz Pilotstudien, siehe (RICKENBACHER & DI MICHELANGELI 2019).

Aus diesem Grund muss bis auf Weiteres durch eine passende Wahl der Turbinen das Risiko, dass Fische bei der Passage ums Leben kommen, minimiert werden. Bei der Planung wurde aber berücksichtigt, dass projektierte Anlageteile (wie z. B. FAH) dem Bau eines «bar racks» nicht im Wege stehen.

Der Weg absteigender Fische wird im Wesentlichen durch die Abfluss- und Dotierverhältnisse bestimmt. Diese sind beim HKW des Kraftwerks Aarau spezifisch: Übersteigt der Abfluss der Aare bei Hochwasser die Nutzwassermenge von 420 m³/s (HKW) zuzüglich diejenige beim WKW 23.4 m³/s und die Dotation der FAH und der FAbH (zusammen 6.5 m³/s), so wird das überschüssige Wasser über das Wehr Schönenwerd abgegeben und nicht über die Wehranlage beim HKW. Lediglich bei starken Hochwasserereignissen oder beim Ausfall von Turbinen kann zur Schwallentlastung Wasser über das Wehr beim HKW abgegeben werden. Dies ist an weniger als einem Tag im Jahr der Fall (siehe Technischen Bericht). Man kann deshalb von der Annahme ausgehen, dass beim HKW alle Fische über die Turbinen absteigen.

Die Modellrechnungen zeigen, dass diese Turbinenpassage gegenwärtig (Ist-Zustand) für 60 cm lange Fische je nach Turbinentyp mit sehr hohen Risiken verbunden ist: Bei der Passage der Francis-Turbine beträgt die Überlebensrate für 60 cm lange Fische (Aale und Salmoniden werden im Modell nicht unterschieden) lediglich 10%. Bei der Passage der Kaplan-turbinen sind die Überlebenaussichten höher, nämlich maximal 56% für Salmoniden und 24% für Aale.

Im Rahmen des Projekts 2013 wäre die Überlebensrate für 60 cm lange Salmoniden stark auf 56 – 83% gestiegen, da in der Zentrale II die risikobehafteten Francis-Turbinen durch Bulb-Turbinen ersetzt worden wären. Auch für 60 cm lange Aale hätte sich die Überlebenschance auf 24 bis 58% erhöht.

Im aktuellen Projekt können die Überlebenschancen bei der Turbinenpassage durch den Ersatz zahlreicher kleiner und schnell rotierender Turbinen durch drei grosse, fischfreundliche und langsam rotierende Turbinen, massiv erhöht werden. Nach Modellrechnungen überleben 86% der Salmoniden und 59% der Aale (Tab. 3),

Tab. 3 Überlebensraten von 60 cm langen Salmoniden und 60 cm langen Aalen bei der Turbinenpassage beim HKW, Berechnungsformeln: (LARINIER et al. 2002). Daten Ist-Zustand und Projekt 2013: (GUTHRUF 2009b); Projekt 2019: (RICKENBACHER & DI MICHELANGELI 2019).

	Ist-Zustand	Projekt 2013	Projekt 2019
60 cm lange Salmoniden	10-56%	56-83%	86%
60 cm lange Aale	10-24%	24-58%	59%

Wird die Fischpassage über die verschiedenen Abstiegskorridore anhand deren Abflussanteilen hochgerechnet und mit der entsprechenden Überlebensrate multipliziert, so resultiert über die Gesamtanlage (DKW und HKW) je nach Fischart und Längenkategorie eine Überlebensrate von 79 bis 93%.

Im Vergleich zum Ist-Zustand hat sich die Überlebenschance absteigender Fische massiv verbessert. Allerdings sind diese nach wie vor zu niedrig, um der Zielart Lachs die Rückkehr ins Meer in ausreichenden Zahlen zu ermöglichen. Mit dem Kraftwerk Aarau (eniwa) müssen die Lachs-Smolts und Kelts sowie die Aale insgesamt 23 Kraftwerke passieren auf ihrem Weg zum Meer. Nicht nur die Langdistanzwanderer passieren mehrere Kraftwerke in Serie, sondern auch Flussfischarten wie die Barbe, Bachforelle, Rotaugen und Laube, wie Untersuchungen mit PIT-Tags (SCHWEVERS & ADAM 2019) und koordinierte Zählungen am Hochrhein (Guthruf et al. In Vorb.) zeigten.

Bei der Beurteilung der Modellrechnungen ist zudem zu berücksichtigen, dass die berechneten Überlebensraten unter der Annahme berechnet wurden, dass die Turbine auf Vollast läuft. Wird die Turbine in Teillast betrieben, wird u. a. der Abstand zwischen den Laufradschaufeln verringert, wodurch sich das Verletzungsrisiko erhöht bzw. die Überlebenswahrscheinlichkeit verringert. Der Zustand gemäss Projekt 2019 ist deshalb nach wie vor als Übergangszustand zu betrachten, bis der Stand der Technik soweit fortgeschritten ist, dass eine Verhaltensbarriere wie, wie z.B. ein «bar rack» installiert werden kann.

Beim HKW fliesst der gesamte Abfluss durch die Turbinen. Nur ausnahmsweise kommt es zu Wehrabfluss. Während der Ausgangszustand durch eine sehr geringe Überlebenswahrscheinlichkeit der Fische geprägt ist, führt bereits das Projekt 2013 zu einer substantiellen Verbesserung. Das Projekt 2019 führt zu einer zusätzlichen deutlichen Verbesserung. Auch wenn die Überlebenschancen bei der Turbinenpassage stark verbessert werden konnten, reicht der Stand gemäss Projekt 2019 nicht aus, dass Lachse und Aale in ausreichender Zahl ins Meer zurückkehren können. In der Planung wurde berücksichtigt, dass zukünftig eine mechanische Barriere nachgerüstet werden kann, sobald es der Stand der Technik erlaubt.

3.2.2. Fischabstieg Wehrkraftwerk (Horizontalrechen, Bypass, Wehranlage)

Die Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd stellt wegen des geringen Laufraddurchmessers für Fische, die via Turbine ins Unterwasser gelangen, ein hohes Verletzungsrisiko dar. Durch Vorschalten eines horizontalen Feinrechens mit einer lichten Weite zwischen den Stäben von 20 mm kann verhindert werden, dass grosse flussabwärts wandernde Fische (mit besonders

hohem Verletzungsrisiko) in die Anlage geraten. Die Anströmgeschwindigkeit des Rechens sollte dabei so gering sein, dass Fische nicht an die Rechenstäbe gepresst werden. Als Grenzwert gelten Fließgeschwindigkeiten von 50 cm/s (ADAM et al. 2014). Die Oberfläche des Horizontalrechens ist mit 38.6 m² (8.4 m x 4.6 m) so gross bemessen, dass dieser Grenzwert in der kalten Jahreszeit von September bis April nie überschritten wird (Tab. 4). Selbst schwache Schwimmer sollten eigentlich nicht an den Rechen gepresst werden, da die kritischen Schwimmggeschwindigkeiten der in der Aare lebenden Arten in allen Monaten bedeutend höher liegen als die Anströmgeschwindigkeit: Schmerlen mit 10 cm Totallänge (welche den Rechen gut durchschwimmen können) haben beispielsweise kritische Schwimmggeschwindigkeiten von 60.8 cm/s (ZITEK et al. 2007). Gründlinge mit Längen von 11.6 cm, welche den Rechen ebenfalls passieren können, haben kritische Schwimmggeschwindigkeiten von 55 cm/s (ZITEK et al. 2007). Eine Mortalität von Fischen am Rechen ist deshalb unter den gegebenen Voraussetzungen unwahrscheinlich.

Lediglich in den Monaten Mai bis August können Anströmgeschwindigkeiten bis zu 60 cm/s erreicht werden. Wegen der hohen Wassertemperaturen (Aare bei Brugg: das 10% Quantil Mai bis August der Jahre 2009 bis 2017 lag bei 13.2°C) ist auch die Schwimmggeschwindigkeiten der Fische erhöht. Berechnungen gemäss EBEL (2016) ergaben, dass **rheophile Fische ab 13 cm Länge** mit Dauerschwimmggeschwindigkeit gegen 60 cm/s anschwimmen können. Bei **nicht rheophilen** Fischen liegt die entsprechende Grenzlänge bei **17 cm**.

Dabei handelt es sich um Fischgrössen, welche zwischen den Rechenstäben hindurchschwimmen und nicht angepresst werden können. Diese Berechnungen decken sich mit Beobachtungen beim Kraftwerk Stoppel, wo kleine unter 10 cm lange Fische über längere Zeit vor dem Rechen schwammen, ohne daran angepresst zu werden oder diesen zu durchschwimmen (ZAUGG & MENDEZ 2018).

Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Strömungsvektoren inhomogen über die Rechenfläche verteilt sein können (ADAM et al. 2005). Angesichts der Tatsache, dass in der Schweiz bisher nur wenige FAbH in Betrieb sind und über das Funktionieren des Rechens soweit bekannt nur von einer Anlage Untersuchungsergebnisse und von einer weiteren Zwischenergebnisse vorliegen, wird empfohlen, im Rahmen der Wirkungskontrolle das Verhalten der Fische oberhalb des Rechens zu untersuchen. Trotz der sehr geringen Wahrscheinlichkeit, dass Fische an den Rechen gepresst werden, wird empfohlen, auch diesen Aspekt im Rahmen der Wirkungskontrolle zu überprüfen.

Tab. 4 Abmessungen und Fließgeschwindigkeiten beim Horizontalrechen vor der Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd

	Einheit	Sep-Okt	Nov-Feb	Mär-Apr	Mai-Aug
Höhe	[m]	4.6	4.6	4.6	4.6
Länge	[m]	8.4	8.4	8.4	8.4
Fläche	[m ²]	38.6	38.6	38.6	38.6
Q _{Turbiniert}	[m ³ /s]	18.0	10.0	18.0	23.4
V_{Anström}	[m/s]	0.5	0.3	0.5	0.6

Relativ nahe beim Rechen befinden sich eine oberflächennahe und eine am Grund gelegene Bypass-Öffnung, durch welche flussabwärts wandernde Fische ins Unterwasser gelangen können.

Beide 0.5 m hohen und 0.4 m breiten Öffnungen werden zusammen permanent mit 0.8 m³/s (0.3 m³/s oben und 0.5 m³/s unten) dotiert, was 3.4% der maximal turbinieren Wassermenge entspricht. Der Grenzwert von 2% gemäss Best Practice (HEFTI 2012) wird damit übertroffen. Der Abfluss durch den Bypass gemäss aktuellem Projekt ist damit doppelt so gross wie im

Projekt aus dem Jahr 2013, wodurch sich die Situation für absteigende Fische deutlich verbessert. Unter diesen speziellen Bedingungen sind Anströmgeschwindigkeiten von 0.5 - 0.6 m/s zulässig (ADAM et al. 2005).

Die im Unterschied zum Projekt aus dem Jahr 2013 gerade Linienführung gewährleistet zudem eine möglichst geringe Verletzungswahrscheinlichkeit bei den absteigenden Fischen. Die Fliessgeschwindigkeiten und Absturzhöhen werden durch zwei Wehrhöcker im Rahmen der technischen Vorgaben (HEFTI 2012, EBEL 2016) eingehalten.

Der Stababstand des Horizontalrechens wurde von 15 mm (Projekt 2013) auf 20 mm erhöht. Durch diese Anpassung kann der Rechen theoretisch von Fischen bis etwa 20 cm Länge durchschwommen werden. Gemäss Projekt 2013 konnten maximal 15 cm lange Fische den Rechen durchschwimmen. Da die Überlebensrate bei der Turbinenpassage mit zunehmender Länge der Fische den Horizontalrechen ansteigt, ist der grössere Stababstand des neuen Rechens auf den ersten Blick als Verschlechterung gegenüber dem Projekt 2013 zu betrachten. Haben die bis 20 cm langen Fische den Rechen einmal durchschwommen, überleben sie die Turbinenpassage mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 bis 88% (RICKENBACHER & DI MICHELANGELI 2019). Untersuchungen am Kleinwasserkraftwerk Stroppele mit einer Ausbaumengenmenge von 33 m³/s und einem Horizontalrechen mit 20 mm Stababstand und einer maximalen Anströmgeschwindigkeit von 0.48 m/s ergaben, dass lediglich 100 bis 200 Fische den Rechen durchschwammen, während über 6'000 Fische den Weg via Bypass wählten. Ein Grossteil dieser Fische hatte eine Länge, mit der sie den Rechen problemlos hätten durchschwimmen können. Dem Rechen kommt nebst der Funktion als physische Barriere für Fische über 20 cm Länge auch eine sehr gute Leitfunktion für kleine Fische zu. Wird die Überlebensrate von 20 cm langen Fischen (70 bis 88%) mit der Rate der Fische multipliziert, die den Weg über die Turbine wählen (2 – 3%), resultiert eine Überlebensrate von 97 bis 99% (RICKENBACHER & DI MICHELANGELI 2019).

Da bisher nur sehr wenige FABH untersucht wurden, sollte die effektive Rate der absteigenden Fische im Rahmen einer Wirkungskontrolle untersucht werden. Im Hinblick auf eine Vergleichbarkeit sollte diese möglichst so aufgebaut werden wie die Studie am Kraftwerk Stroppele.

Nach Entfernung der Störkörper und Vertiefung des Tosbeckens, welches zudem eine permanente Verbindung zum Unterwasser erhält, ist auch der Abstieg über das Wehr weitgehend gefahrlos. Die Überlebenswahrscheinlichkeit bei der Wehrpassage wird als 100% angenommen (RICKENBACHER & DI MICHELANGELI 2019).

Die im Vergleich zum Projekt 2013 verdoppelte Dotierwassermenge des Bypasses übertrifft die technischen Anforderungen und erleichtert den Fischen den Abstieg, indem z. B. die Wartezeiten verkürzt werden. Die gerade Linienführung erhöht zudem die Wahrscheinlichkeit einer verletzungsfreien Passage. Der grössere Rechenabstand (15 mm auf 20 mm) stellt nur auf den ersten Blick eine Verschlechterung dar. Beim Kraftwerk Stroppele, das mit einem 20 mm-Horizontalrechen ausgerüstet ist, wählte der überwiegende Teil der absteigenden Fische den Weg via Bypass, obwohl die meisten (< 10 cm langen) Fische den Rechen hätten durchschwimmen können. Der Rechen wirkte somit einerseits als physische Barriere für mehr als 20 cm lange Fische und andererseits als Verhaltensbarriere für kleinere Fische.

Nimmt man an, dass auch der Horizontalrechen beim Wehr Schönenwerd ebenso gut als Verhaltensbarriere wirkt, so überleben 97 bis 99% der im Bereich der Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd absteigenden Fische.

Da bisher nur sehr wenige Kenntnisse über Fischabstiegshilfen vorliegen, sollte eine Wirkungskontrolle durchgeführt werden.

Nach der Entfernung der Störkörper und weiterer Optimierungen stellt das Wehr Schönenwerd einen weiteren sichereren Weg für absteigende Fische dar.

3.3. Rückbau Mitteldamm

Der Rückbau des Mitteldammes erfolgt in der Projektierung in zwei Etappen: Im Projekt aus dem Jahr 2013 war geplant, 0.77 km des insgesamt 1.62 km langen Mitteldammes abzubauen. Durch Ersatzmassnahmen wurde dieser Verlust mehr als kompensiert: Es resultierte ein Netto-Zugewinn an 0.512 km Uferlinie (GUTHRUF 2009b). Diese ist Teil des im Herbst 2013 aufgelegte Erneuerungsprojekt des Wasserkraftwerks Aarau, welches seit Dezember 2017 rechtsgültig bewilligt wurde. Die oben aufgeführten Massnahmen werden deshalb im Folgenden nicht mehr behandelt.

Der folgende Abschnitt bezieht sich auf Rest des Mitteldammes mit einer Länge von 0.850 km, welcher im Rahmen des vorliegenden Projekts zusätzlich abgebrochen wird und die zugehörigen Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen.

Da die Schrägmauern in grossen Teilen des Kanals nicht bis hinauf an Wasseroberfläche reichen, weist der Süd-Kanal bereits heute im Vergleich zum Nord-Kanal besser strukturierte Ufer auf. Ins Wasser hängende Äste, Wurzelballen grosser Bäume und Totholz verbessern die Situation zusätzlich (Abb. 3), so dass an geeigneten Stellen im unmittelbaren Uferbereich zahlreiche Fische beobachtet werden konnten, darunter auch viele Jung- oder Kleinfische. Auch die Benthos-Fauna setzt sich aus verschiedenen Arten zusammen (GUTHRUF 2009b). Die beschriebenen Verhältnisse gelten insbesondere für das südliche Ufer des Mitteldammes (Abb. 2). Das Nordufer des Mitteldammes hingegen ist bis hinauf zum Wasserspiegel hart mit einer Schrägmauer aus Beton befestigt. Die Uferlinie verläuft gerade und ist glatt, weshalb dieses Ufer weitaus weniger bedeutsam ist als Unterstand und Lebensraum für Fische und andere Gewässerorganismen. Der Verlust des Nordufers des Mitteldammes muss deshalb aus gewässerökologischer Sicht nicht durch Aufwertungen kompensiert werden.

Dass sich die unterschiedlichen Verbauungen der Ufer auf den Fischbestand des Oberwasserkanals auswirken, zeigt die Längenverteilung der Barbe: Im bis über die Uferlinie hinaus hart mit Betonmauern verbauten Nord-Kanal fehlt die jüngste Altersklasse 0⁺ (40 bis 100 mm) vollständig und auch die nächstältere Klasse 1⁺ (110 bis 170 mm) ist nur durch Einzeltiere vertreten (Abb. 1).

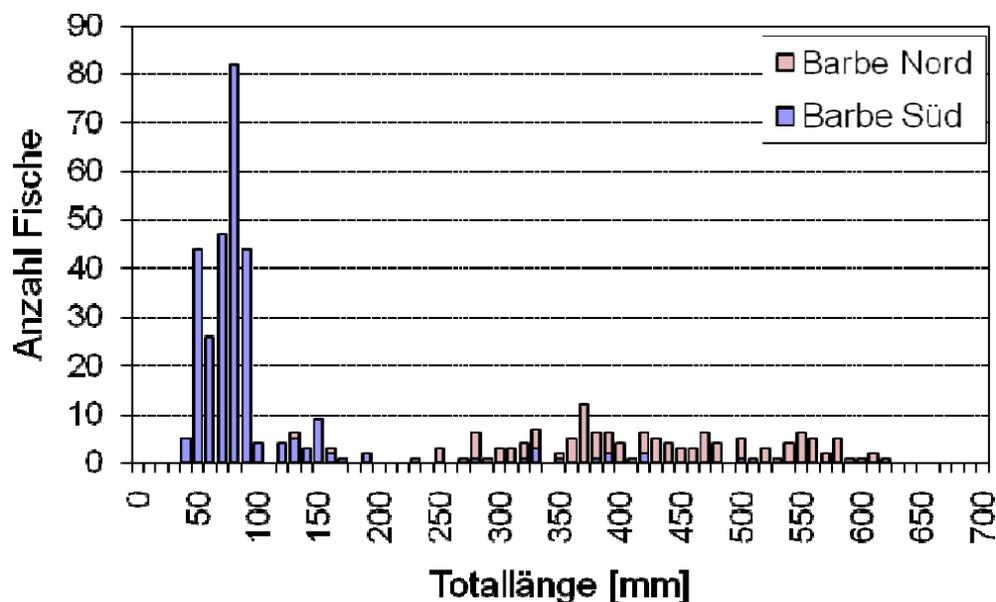


Abb. 1 Längenverteilung der Barben im bis über die Wasserlinie hinaus hart verbauten Nord-Kanal im Vergleich zum Süd-Kanal, bei welchem überwiegend naturnahe Ufer die Wasserlinie bilden. Grafik aus der Bestandserhebung im Oberwasserkanal (FRIEDL 2013).

Im Süd-Kanal hingegen, dessen Ufer im Bereich der Wasseranschlaglinie überwiegend naturnah sind, bilden die beiden jüngsten Altersklassen den Haupt-Anteil der erfassten Barben

(Abb. 1). Dies deckt sich mit der Beobachtung von Jungfisch-Schwärmen an verschiedenen Orten entlang der Ufer des Süd-Kanals. Im bis über die Uferlinie hinaus mit Betonplatten verbauten Nord-Kanal hingegen waren die Fliessgeschwindigkeiten bis unmittelbar an die Uferlinie sehr hoch. Jungfische konnten entsprechend nicht beobachtet werden.

Tab. 5 Bilanzierung der Lebensraumverluste durch die Entfernung des Mitteldamms (rot) und der Kompensation durch Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen (grün).

Arbeiten	Projekt 2013 Länge [km]	Projekt 2019 Länge [km]	Total Länge [km]
Entfernung Mitteldamm rechtes Ufer	-0.770	-0.850	-1.620
Entfernung Mitteldamm linkes Ufer	0.000	0.000	0.000
Entfernung Biberspitz linkes Ufer	0.000	-0.020	-0.020
Aufeld linkes Ufer Nordkanal	0.000	0.360	0.360
Südkanal rechtes Ufer	0.207	0.293	0.500
Nebenarm im Grien (2013)	0.855	0.000	0.855
Seitengerinne im Grien neu	0.000	0.840	0.840
Erzbach-Mündung Uferrevitalisierung	0.020	0.200	0.220
Uferrückversetzung alte Badi unt. Zentrale L	0.200	0.000	0.200
Bilanz	0.512	0.923	1.435

Durch die Entfernung des Mitteldamms auf einer Länge von rund 850 m geht das linke Ufer des Süd-Kanals verloren, wodurch der Kanal nicht nur als Habitat an Wert einbüsst, sondern auch als Wanderachse für die Fische, vor allem aufsteigende Individuen. Unterstände, in denen Fische Schutz finden, fehlen weitgehend. Für schwache Schwimmer bedeutet die Entfernung des Mitteldamms einen Verlust an strömungsberuhigten Zonen. Kann ein solcher Verlust nicht durch geeignete Ausgleichsmassnahmen kompensiert werden, wird die Eignung der Oberwasserkanäle als Wanderachse für Fische stark an Wert einbüssen, insbesondere was schwache Schwimmer, Jungfische und im Substrat lebende Arten betrifft. Als Folge der Verbesserung der Fischaufstiegshilfe bei der Hauptzentrale ist mit einer starken Zunahme der Aufstiegsfrequenz zu rechnen, weshalb den Fischen im Vergleich zum jetzigen Zustand ein erhöhtes Angebot an Unterständen und strömungsberuhigten Zonen zur Verfügung stehen muss.

Das Projekt versucht durch geeignete Ersatzmassnahmen diese Lücke zwischen Bedarf und dem Vorhandenen zu schliessen: Am rechten Ufer des Kanals Süd im **Grien** entsteht ein längsdurchströmtes **Seitengerinne**, welche mit mindestens 1 m³/s dotiert wird und am oberen und unteren Ende in Form einer offenen, Verbindungen an den Kanal angebunden wird. Bei dieser Bauweise sollten wandernde Fische den Einstieg in das Gewässer gut finden, so dass die gesamte Uferlinie des Gewässers (840 m) als Ersatz für das Südufer des Mitteldamms angerechnet werden kann.

Ober- und unterhalb dieses Gewässers sind am rechten Ufer des Süd-Kanals neue strukturierte Einbuchtungen geplant, welche als Unterstände für Fische und strömungsberuhigte Zonen dienen sollen, in denen sich schwache Schwimmer aufhalten und ausruhen können. Es ist wichtig, dass diese Stellen von Beginn weg mit Totholz strukturiert werden und dass Bedingungen geschaffen werden, dass am Ufer wachsende Sträucher und Bäume diese Funktion später übernehmen. Auf die in den Plänen eingezeichneten Röhricht-Pflanzungen ist nach Möglichkeit zu verzichten. Erfahrungen in revitalisierten Bächen zeigten, dass die Röhricht-Bestände (insbesondere Schilf) so dicht wuchsen, dass für Fische kein Platz mehr war. Stattdessen ist vermehrt auf spontane Besiedlung der Buchten mit Sumpf- und Wasserpflanzen zu setzen. Da das Ufer in diesem Bereich bereits heute teilweise strukturiert ist, kann der im Plan dargestellte Abschnitt nur teilweise als Ersatz für den Verlust des Mitteldamms angerechnet

werden (500 m, siehe 0). Nicht nur am rechten Ufer des neuen Kanals entstehen neue ufernahe strukturierte Lebensräume mit seichtem Wasser, sondern auch am linken Ufer (Au-feld) entstehen ufernahe Lebensräume für Jung- und Kleinfische und andere Gewässerorganismen. Auch die Länge des revitalisierten Ufers im Bereich der Erzbachmündung wird von 20 m auf ca. 200 m verlängert (0). Nicht nur im Oberwasserkanal selbst, sondern auch im Unterwasser der Zentrale wird ein ca. 100 m langer, heute hart verbauter Abschnitt aufgeweitet und revitalisiert.



Abb. 2 Nord-Kanal bei Wasserabsenkung. Die Betonverbauungen reichen mit wenigen Ausnahmen bis über die Wasserlinie. Links im Bild: Südufer (Mitteldamm), rechts im Bild: Nordufer Nord-Kanal. Bäume wachsen nur an wenigen Stellen, haben aber keinen Einfluss auf das Gewässer. Foto vom 6.10.2009: Sigmaphan AG.

Durch die Schaffung von Seitengerinnen, Revitalisierungen und Aufweitungen entsteht Ersatzlebensraum für Jungfische, Kleinfische und Gewässerorganismen wie aquatisch lebende Insektenarten, Krebse, Würmer und andere wirbellose Tiere. Noch wichtiger ist ein durchgehender Wanderkorridor entlang der Ufer mit geringen Fliessgeschwindigkeiten und Strukturen, welche Schutz vor Prädatoren bieten. Diesen Wanderkorridor erachte ich als sehr wichtig, zumal durch die neu geschaffene Fischaufstiegshilfe erwartungsgemäss viel mehr Fische das Oberwasser erreichen als bisher und auf einen weiterführenden Wanderweg im Oberwasserkanal angewiesen sind. Die auf beide Ufer und auf viele Stellen des neuen Kanals verteilten Massnahmen kommen diesem Bedarf entgegen. Die Revitalisierung im Unterwasser des Kraftwerks tragen dazu bei, dass bereits der linksufrige Einstieg zur FAH besser erreichbar ist. Insgesamt geht durch die Entfernung des restlichen Mitteldamms (Projekt 2019) eine Uferlänge von 0.87 km verloren. Dies wird durch die fünf Ausgleichsmassnahmen mit einer Uferlänge von knapp 1.6 km mehr als kompensiert. In der Bilanz resultiert ein Plus von 0.92 km Uferlänge (0).

Nicht nur die im vorliegenden Bericht verwendete lineare Beurteilung, sondern auch die flächige Bilanzierung und Bewertung der Ausgleichsmassnahmen führt zu einem Zugewinn an Lebensraum (UVB Optimierung Kraftwerk Aarau, Sigmaphan, Juli 2019).



Abb. 3 Süd-Kanal, Mauern des Mitteldammes (rechts im Bild) reichen nicht bis hinauf zur Wasserlinie. Der oberste Teil des Ufers ist unverbaut und durch Wurzelballen und Holz strukturiert. Foto vom 6.10.2009: Eniwa AG.

Durch den Abbruch des Mitteldammes im Oberwasserkanal gehen durch das Projekt 2019 850 m Uferlänge verloren. Durch die fünf Ersatzmassnahmen des Projekts 2019 können die Verluste mehr als kompensiert werden: es resultiert ein Netto-Zugewinn von über 0.92 km Uferlinie. Durch die Verteilung der Ersatzmassnahmen auf das rechte und vor allem das linke Ufer wird nicht nur das Lebensraum-Angebot für Jung- und Kleinfische erhöht, sondern auch die Wanderachse über den Oberwasserkanal verbessert.

3.4. Gesamtschau Betriebsphase

- Die technischen Parameter, welche die Passierbarkeit der FAH beeinflussen, haben sich seit der Projektierung 2013 nur unwesentlich verändert. Beide Versionen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik gemäss DWA (2014).
- Die beiden Einstiege in die FAH beim HKW wurden näher an das Hindernis gerückt.
- Die Lockwassermenge der FAH beim HKW ist aktuell um einen Viertel geringer als anlässlich der Projektierung 2013, erfüllt aber die Empfehlung der interkantonalen Aareplanung von mindestens 1% des turbinieren Abflusses.

- Die Entfernung des Mitteldammes im Oberwasserkanal wird durch 5 Ersatzmassnahmen mehr als kompensiert. Es resultiert ein Netto-Zugewinn von 0.92 km naturnaher Uferlinie.
- Die Lockwassermenge des Einstiegs zum Raugerinne-Beckenpass beim Wehr Schönenwerd wird an der optimalen Stelle konzentriert abgegeben, wodurch sich die Auffindbarkeit verbessert. Die parallel zur Turbinenabströmung verlaufende Einmündung ins Unterwasser verstärkt diesen positiven Effekt.
- Der Neubau der Dotierturbine inklusive FAbH führt im Vergleich zum Ist-Zustand zu einer erheblichen Verbesserung: Auf Grund von Erfahrungen an einem anderen Kraftwerk wird erwartet, dass 97 bis 99% der absteigenden Fische dank des Horizontalrechens und des Bypasses überleben.
- Die Überlebensrate der via HKW absteigenden Fische hat mit dem Projekt 2019 stark zugenommen, sowohl im Vergleich zum Ausgangszustand als auch im Vergleich zum Projekt 2013.

Tab. 6 Gesamtbeurteilung des Projekts 2019. Projektteile, welche seit 2013 unverändert blieben (siehe Kapitel 1.2), werden nicht berücksichtigt.

Beurteilungskriterien	Vergleich 2019/2013
Fischabstieg HKW Überlebensrate	
Neubau Fischaufstiegshilfe HKW Passierbarkeit	
Neubau Fischaufstiegshilfe HKW Lockwassermenge	
Neubau Fischaufstiegshilfe HKW Lage Einstieg	
Massnahmen am Oberwasserkanal	
Raugerinne-Beckenpass WKW Schönenwerd	
Neubau Fischabstieg WKW Überlebensrate	

Legende: Zustand Projekt 2019	
Verschlechterung gegenüber Zustand 2013	
leichte Verschlechterung gegenüber Zustand 2013	
unverändert gegenüber Zustand 2013	
leichte Verbesserung gegenüber Zustand 2013	
starke Verbesserung gegenüber Zustand 2013	

Die Gesamtschau zeigt, dass die Mehrzahl der Kriterien im Vergleich zum im Herbst 2013 aufgelegten und rechtsgültig bewilligten Erneuerungsprojekt erneut verbessert wurden. Einzig in einem Punkt hat sich eine leichte Verschlechterung ergeben: Die Dotierwassermenge der FAH inkl. Lockwasserzugabe liegt aber innerhalb der Empfehlung der interkantonalen Aareplanung. Dank eingeplanter Reserven bei den Lockstropmpumpen kann die Lockwassermenge bei Bedarf erhöht werden. Die Passierbarkeit der geplanten FAH beim HKW hat sich im Vergleich zum Projekt 2013 nur unwesentlich verändert, da beide Projekte dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, der seither nicht geändert hat.

Auf Grund dieser Gesamtschau führen die Veränderungen seit 2013 zu einem deutlichen gewässerökologischen Mehrwert. Das Projekt 2019 ist aus fisch- und gewässerökologischer Sicht als umweltverträglich einzustufen.

Vorbehalten bleibt der Fischabstieg beim HKW: Auch wenn die Überlebensraten bei Realisierung des Projekts 2019 massiv zunehmen, so sind sie für Langdistanzwanderer wie Lachs und Aal zu niedrig. Sobald technische Lösungen vorliegen, z. B. «bar rack», müssen diese installiert werden.

4. Wirkungskontrollen

4.1. Abschaltung Oberwasserkanal

Anlässlich der Abfischung vom 6. Oktober 2009 (FRIEDL 2013) wurden sämtliche im Rahmen der Kanalabstellung gefangenen Fische auf die Art bestimmt und gezählt. Ein Teil der gefangenen Fische wurde gemessen. Die Ergebnisse dieser Erhebung geben einen wertvollen Einblick in die Fischartengemeinschaft der Aare. Anhand dieser Daten konnte beispielsweise gezeigt werden, dass die Längenverteilung der Barben im Nord-Kanal und im Süd-Kanal unterschiedlich war (siehe Abb. 1). Eine Wiederholung dieser Erhebung gäbe die Möglichkeit, Veränderungen seit 2009 zu belegen und die unterschiedlichen Längenklassen der Barben im Nord- und Süd-Kanal zu bestätigen oder zu widerlegen. Eine Erhebung der abgefischten Fische könnte auch eine wertvolle Grundlage liefern (Ist-Zustand) für eine spätere Wirkungskontrolle der Ersatzmassnahmen in den Oberwasserkanälen. Im Rahmen des Auflageprojekts 2013 ist eine solche auch vorgesehen (Siehe UVB, S. 211). Auch wenn sich die Planung im Oberwasserkanal im Vergleich zum Auflageprojekt massgebend geändert hat, gibt es keinen Anhaltspunkt, die Wirkungskontrolle im Vergleich zum Auflageprojekt 2013 zu ändern, zumal der Eingriff, aber auch die Ersatzmassnahmen umfangreicher ausfallen (siehe Kapitel 3.4).

4.2. Restwasserstrecke

Da sich an der Restwasserstrecke im Vergleich zum Auflageprojekt 2013 nichts ändert, ist auch das Umweltmonitoring des Auflageprojekts nach wie vor massgebend und verbindlich. Dieses sieht vor, dass in der Restwasserstrecke Untersuchungen zur Fischfauna durchgeführt werden:

- vor dem Bau,
- während dem Bau (gesamter Abfluss der Aare fliesst durch die Restwasserstrecke)
- nach Inbetriebnahme des neuen Restwasserregimes

Abgesehen von den im Rahmen des Auflageprojekts 2013 durchgeführten Bestandenserhebungen im Rahmen des Ist-Zustandes (GUTHRUF 2009b) empfiehlt sich eine Untersuchung zum Fortpflanzungserfolg der Äsche. Die mit vergleichsweise geringem Aufwand durchführbare Untersuchung hat sich bei der Wirkungskontrolle zahlreicher Massnahmen bewährt wie Kiesschüttungen oder Auflockerungen mit Hilfe eines Baggers (GUTHRUF 2005) sowie Massnahmen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts (BREITENSTEIN & KIRCHHOFFER 2011). Es ist davon auszugehen, dass sowohl die Phase der Bauarbeiten, in welcher der gesamte Abfluss der Aare durch die Restwasserstrecke fliesst, als auch die Phase nach Inbetriebnahme des neuen Restwasserregimes den Fortpflanzungserfolg der Äsche massgeblich beeinflussen.

5. Literaturverzeichnis

ADAM, B.;BOSSE, R.;DUMONT, U.;GÖHL, C.;GÖRLACH, J.;HEIMERL, S.;KALUSA, B.;KRÜGER, F.;REDEKER, M.;SCHWEVERS, U.;SELLHEIM, P. (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. - Merkblatt DWA M 509: 334 S.

ADAM, B.;BOSSE, R.;DUMONT, U.;HADDERINGH, R.;LOTHAR, J.;KALUSA, B.;LEHMANN, G.;PISCHEL, R.;SCHWEVERS, U. (2005). Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Hennef, DWA:

BREITENSTEIN, M.& KIRCHHOFER, A. (2011): Reaktivierung des Geschiebehaltens der Aare
Fischökologische Untersuchungen - Erhebungen 2005-2011. - Bericht WFN, Auftrag:
Fischereinspektorat des Kantons Bern, Amt für Umwelt des Kantons Solothurn: 13 S.

EBEL, G. (2016): Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen - Handbuch Rechen-
und Bypasssysteme. Ingenieurbioökologische Grundlagen, Modellierung und Prognose,
Bemessung und Gestaltung. . - B. f. G. u. F. D. Ebel, Auftrag: 483 S. .

ERNST, M. E.& NIELSEN, J. (1983): The spawning biology of the grayling *Thymallus thymallus*
from the river Gudena. - Meddelelser fra Ferskvandsfiskeilaboratoriet 1(83): 30 S.

FRIEDL, C. (2013): Fischbestandeserhebung Entleerung Oberwasserkanal IBAarau, Resultate
der Abfischung vom 6. Oktober 2009 ergänzt mit punktuellen Kolkbefischungen. - Beilage zur
UVB Hauptuntersuchung natume, Auftrag: IBAarau Kraftwerk AG: 22 S.

GERSTER, S. (2014): Sanierung Fischgängigkeit bei Wasserkraftanlagen im Kanton Solothurn
-Schlussbericht zuhanden des BAFU J. u. F. d. K. S. Amt für Wald, Auftrag: BAFU: 85 S.

GÖNCZI, A. P. (1989): A study of physical paramters at the spawning sites of the European
grayling (*Thymallus thymallus* L.). - Regulated Rivers: Research and Management 3: 221-224.

GUTHRUF, J. (2005): Äschenlaichplätze Aare Thun. - Schlussbericht Aquatica, Auftrag:
Oberingenieur Kreis I, Thun: 49 S.

GUTHRUF, J. (2009a): Fischaufstiegskontrollen im neuen Raugerinne-Beckenpass beim Wehr
Schönenwerd. - Bericht Aquatica, Auftrag: Kraftwerk IB Aarau AG: 16 S.

GUTHRUF, J. (2009b): IBAarau Kraftwerk AG UVB, Fachbericht Gewässerökologie. -
Fachbericht Aquatica, Auftrag: IBAarau Kraftwerk AG: 44 S.

GUTHRUF, J.;KREIENBÜHL, T.;DÖNNI, W. (2018): Bedarfsabklärung einer Fischaufstiegshilfe bei
der Scherzlig- und Mühleschleuse in Thun. - Schlussbericht E. Aquatica, Fischwerk, Auftrag:
Renaturierungsfonds des Kantons Bern, Ökofonds Energie Thun AG: 56 S.

HEFTI, D. (2012): Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken,
best practice. - BAFU, Umwelt-Wissen, Fischerei 1210: 79 S.

KRIEWITZ, C. R. (2015): Leitrechen an Fischabstiegsanlagen - Hydraulik und fischbiologisch
Effizienz. - ETH Zürich: 350 S.

KRIEWITZ, C. R.;ALBAYRAK, I.;FLÜGEL, D.;BÖS, T.;PETER, A.;BOES, R. M. (2015): Massnahmen
zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren mitteleuropäischen
Flusskraftwerken. - Wasser Energie Luft 107(1): 17-28.

LARINIER, M. (1983): Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages
par les poissons migrateurs. - Bull. Fr. Piscic. Num. Spec.: 39 S.

LARINIER, M.;TRAVADE, F.;PORCHER, J. P. (2002): Fishways: biological basis, design criteria
and monitoring. - Bull. Fr. Pêche Piscic., 364 suppl.: 208 S.

OLSSON, T.& PERSSON, B.-G. (1986): Effects of gravel size and peat material concentrations
on embryo survival and the alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta* L. - Hydrobiologia
135: 9-14.

RICKENBACHER, U.& DI MICHELANGELI, S. (2019): Wiederherstellung Fischwanderung, Abklärung der Situation betreffend Fischabstieg an der Gesamtanlage. - Bericht A. P. A. Hydroenergie, Auftrag: Kraftwerk Aarau / Eniwa AG: 46 S. + 48 S. Anhang.

SCHWEVERS, U.& ADAM, B. (2019): PIT-Tagging Hochrhein. - Abschlussbericht I. f. a. Ökologie, Auftrag: Bundesamtes für Umwelt BAFU, Abteilung: Fischdurchgängigkeit: 169 S.

WILMSMEIER, L.;SCHÖLZEL, N.;PETER, A. (2018): Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken. Die unterschätzte Bedeutung der Reusenkehle. - Studie P. FishConsulting, Auftrag: Bundesamtes für Umwelt BAFU: 48 S.

ZAUGG, C.;DÖNNI, W.;BOLLER, L.;GUTHRUF, J. (2016): Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit, Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen. - Bericht F. Aquarius, AquaPlus, Aquatica, Auftrag: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser: 11 S. + 16 S. Anhang.

ZAUGG, C.& MENDEZ, R. (2018): Kleinwasserkraftwerk Stoppel, Wirkungskontrolle Fischabstieg am Horizontalrechen mit Bypass. - Schlussbericht Aquarius ; Axpo, Auftrag: Axpo Kleinwasserkraft AG:

ZEH, M. (1993): Reproduktion und Bewegungen einiger ausgewählter Fischarten in einer Staustufe des Hochrheins. - Dissertation EAWAG / ETH: 171 S.

ZITEK, A.;HAIDVOGL, G.;JUNGWIRTH, M.;PAVLAS, P.;SCHMUTZ, S. (2007): Ein ökologischstrategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fliessgewässern für die Fischfauna in Österreich, AP5 des MIRR-Projektes, Endbericht. - Studie I. f. H. u. G. Universität für Bodenkultur, Auftrag: Lebensministerium und Land Niederösterreich: 138 S.