

Optimierung Kraftwerk Aarau

Bau- und Auflageprojekt

Neues Flusskraftwerk Aarau

Beilage 3.13

**Kraftwerk Aarau - Wiederherstellung der
Fischgängigkeit**

Gesuch vom 06. April 2021

Impressum

Auftraggeber

Eniwa Kraftwerk AG
Industriestrasse 25
5033 Buchs

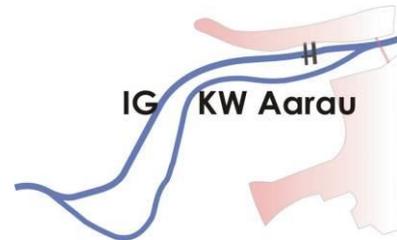
Auftragnehmer

IG KW Aarau
c/o IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
3011 Bern

IUB Engineering

IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
Postfach
CH-3000 Bern 14

IM Engineering



Autoren

IG KW Aarau

IUB Engineering AG
Belpstrasse 40
3014 Bern

Dr. Peter Billeter
Luzia Meier

IM Maggia Engineering AG
Via St. Franscini 5
6601 Locarno

Urs Müller
Dr. Matteo Federspiel
Martin Stehrenberger
Dr. Jean-Marc Meyer

Architektur und Gestaltung

Degelo Architekten AG
St. Jakobsstrasse 54
4052 Basel

Heinrich Degelo
Florian Walter

Berchtold.Lenzin Landschaftsarchitekten AG
Benzburweg 18
4410 Liestal

Christian Lenzin

Umwelt

Sigmaplan AG
Thunstrasse 91
3006 Bern

Thomas Wagner
Heiko Zeh

Auflistung der Änderungen

Version	Datum	Änderungen	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
V0.1	03.07.2019	Entwurf	lum	Nin	bil
V0.2	12.07.2019	Redigiert, Stand Vorprüfung	lum	Me	bil
V1.0	06.04.2021	Gesuch (Auflage Projekt 2021)	lum	Me	bil

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Zielsetzung	4
2	Verwendete Unterlagen	5
3	Grundlagen	6
3.1	Neubau Kraftwerk Aarau	6
3.2	Hydrologische und hydraulische Grundlagen	6
3.3	Leitfischarten	7
4	Fischaufstieg	7
4.1	Antrag um Bestvariante Kanton Aargau	7
4.2	Umweltauswirkungen	7
4.3	Dimensionierung konventioneller Schlitzpass	8
4.4	Hydraulik	9
4.5	Lage der Einstiege und des Ausstiegs	10
4.5.1	2D-Modellierung Turbinenabströmung	10
4.5.2	Einstieg linkes Ufer (1. Prio.)	12
4.5.3	Einstieg Zwischenbereich (2. Prio.)	12
4.6	Linienführung	13
4.7	Verteilbecken	15
4.8	Dotation der Leitströmung	16
4.8.1	Linkes Ufer	16
4.8.2	Zwischenbereich	17
4.9	Wirkungskontrolle	18
4.10	Kostenschätzung	20
5	Fischabstieg	20
6	Schlussbetrachtung	21

Anhang

Technischer Bericht zum Variantenstudium (IUB, 2018)

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Das im Herbst 2013 aufgelegte Erneuerungsprojekt des Wasserkraftwerks Aarau ist seit 2015 rechtsgültig bewilligt. Seit der Auflage im Jahr 2013 haben sich aber der Strommarkt und die Währungssituation (Wechselkurs Euro - Schweizer Franken) stark verändert. Weiter hat sich im Auflage- und Einspracheverfahren gezeigt, dass sich der Erhalt der Zentrale 1 mit einem Retrofit der vier kleinen Kaplan turbinen per 2035 wegen der damit verbundenen hohen Fischmortalität als "Hypothek" erweisen könnte.

Die Eniwa AG hat deshalb bereits im Frühjahr 2016 eine Überprüfung und allfällige Optimierung des Anlagenkonzepts angestossen. Im November 2016 wurde die IG KW Aarau beauftragt, die Lösung "neues Flusskraftwerk" auf Niveau Bau- und Auflageprojekt auszuarbeiten.

Das Kraftwerk Aarau ist nach den Bestimmungen des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) hinsichtlich Fischwanderung (Art. 9 und 10 BGF) zu sanieren. Für die Sanierung der Fischwanderung gilt gemäss GSchG eine Frist bis ins Jahr 2030. Die Kosten für Planung, Realisierung und Wirkungskontrolle werden der Konzessionärin gestützt auf Art. 34 des Energiegesetzes (EnG) vom 26. Juni 1998 durch den nationalen Netzzuschlagsfonds vollständig rückerstattet.

Bezüglich der Fischwanderung wurden vom Kanton Aargau die folgenden Punkte nach BGF Art. 10 verfügt (Sanierungsverfügung Kanton Aargau vom 16. August 2017):

- Fischaufstieg: Sanierung
 - Aufwärtswanderung ist im Rahmen der Planung des Optimierungsprojekts 2017 der IBA (Eniwa AG) sicherzustellen
 - Mehrere Aufstiegsmöglichkeiten prüfen
 - Bedeutendste FAH bei der grössten Leitströmung planen
 - Rechtsseitiger Fischpass: Sanieren, optimieren oder ersetzen
 - Prüfung Aufstieg am Mittelpfeiler (Zwischenbereich)
 - Studie: Kosten und Nutzen, Wirkungskontrolle, Bestvariante
 - Berücksichtigung einer späteren Sanierung des Fischabstiegs
- Fischabstieg: frühestens ab 2022
 - Noch keine praxistauglichen Lösungen (bisher nur Pilotanlagen)

2 Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichts wurden u.a. die folgenden Grundlagen, Berichte und Pläne verwendet.

- Erneuerung Kraftwerk Aarau, Bau - und Auflageprojekt Neues Flusskraftwerk Aarau, technischer Bericht, Beilagen und Pläne, Stand 12.07.2019
- Pläne Zentrale Kraftwerk Aarau:
 - o Situation, P.33.980
 - o Längsschnitt A-A durch Maschinengruppe 1, Schnitt, P.33.981
 - o Längsschnitt C-C durch FAH und Schwallentlastung, Schnitt, P.33.983
 - o Querschnitt E-E durch HW-Entlastung und Zentrale, Schnitt, P.33.985
 - o Grundrisse 3-3 (363.00 m ü.M.) und 4-4 (351.1 m ü.M.), Grundriss, P.33.988
 - o FAH, Schnitte, P.33.989
 - o FAH und Zählbecken, P.33.990
- IUB Engineering AG (2018): Kraftwerk Aarau - Wiederherstellung der Fischgängigkeit. Technischer Bericht zum Variantenstudium.
- Kanton Aargau (2017): Sanierungsverfügung. Protokoll des Regierungsrats vom 16. August 2017. Regierungsratsbeschluss Nr. 2017-000863.
- Interkantonale Aareplanung AG-BE-SO (2014): Fischwanderhilfen bei Aarekraftwerken. Einheitliche Grundsätze der Kantone AG-BE-SO. Strategische Planung Sanierung Fischgängigkeit. Version 1.1 / 15.08.2014.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.
- Ingenieurgemeinschaft KW Aarau (2013): Konzessions- und Bauprojekt inkl. Beilagen Stand 23.10.2013

3 Grundlagen

3.1 Neubau Kraftwerk Aarau

Der Neubau des Kraftwerks beinhaltet drei Kaplan-Rohrturbinen. Der Maschinenblock wird auf der linken Flussseite und die Hochwasser- sowie Schwallentlastung auf der rechten Flussseite angeordnet (Abbildung 1). Zwischen diesen beiden Bereichen entsteht in der Verlängerung der ehemaligen Mittelinsel ein Zwischenbereich. Der Ausbauabfluss beträgt $420 \text{ m}^3/\text{s}$, das Stauziel am Wehr Schönenwerd liegt bei 370.60 m ü.M. . Die verbleibende Mittelinsel wird unterströmt durch eine Trennwand mit dem Zwischenbereich verbunden, so dass zwischen dem Zulauf zu den Turbinen und der Hochwasser- / Schwallentlastung keine Durchströmung stattfindet.

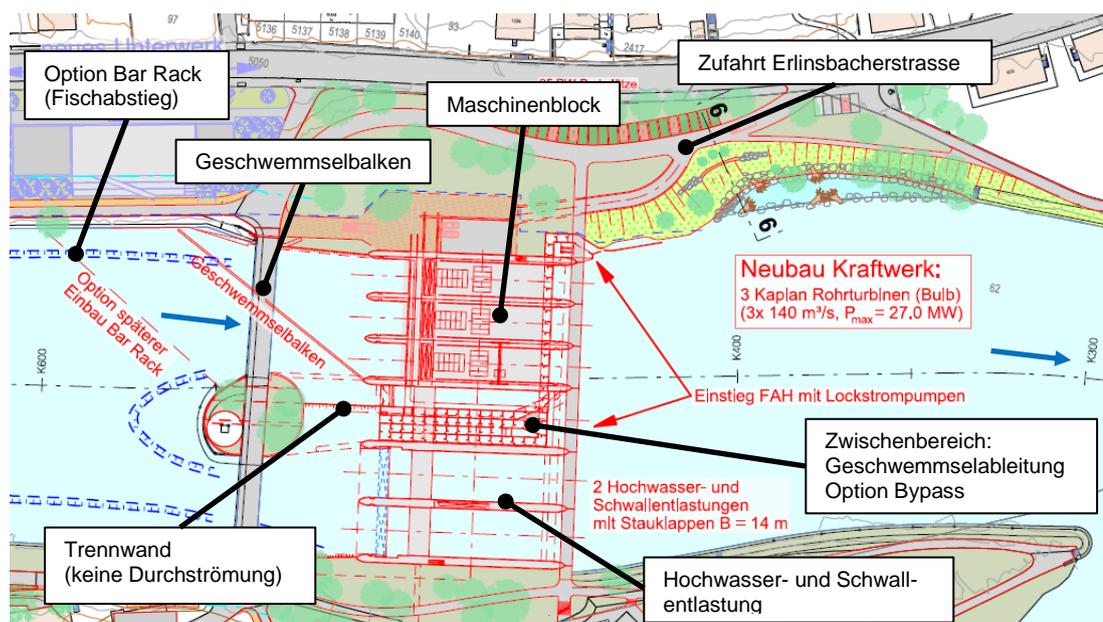


Abbildung 1: Disposition neues KW Aarau (Auszug Plan P.33.003, IUB 2019)

3.2 Hydrologische und hydraulische Grundlagen

Die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit einer FAH ist an mindestens 300 Tagen im Jahr zu gewährleisten, in der Regel von Q_{35} bis Q_{335} bzw. P_{35} bis P_{335} (DWA 2014).

Der Wasserspiegel im Oberwasser des Kraftwerk Kanal schwankt je nach Durchfluss im OW-Kanal zwischen 370.25 m ü.M. und dem Stauziel von 370.60 m ü.M. . Je grösser der Durchfluss, umso tiefer ist der Oberwasserstand. Der Unterwasserstand ist vom Aareabfluss und vom KW Rüchlig abhängig. Beim Abfluss Q_{335} liegt der Unterwasserstand bei 363.40 m ü.M. , bei Q_{35} bei 364.86 m ü.M. . Daraus ergibt sich die massgebende Wasserspiegeldifferenz von $370.60 - 363.40 \text{ m ü.M.} = 7.20 \text{ m}$ (entspricht der maximalen Wasserspiegeldifferenz) und eine minimale relevante Wasserspiegeldifferenz von $370.25 - 364.86 \text{ m ü.M.} = 5.39 \text{ m}$ (bei Q_{35}). Der für die Dimensionierung der FAH massgebende Höhenunterschied beträgt somit 7.2 m , er stellt sich bei Niedrigwasserabfluss (Q_{335}) ein.

Der Wehrüberfall der Hochwasser- und Schwallentlastung wird nur sehr selten stattfinden (IG KW Aarau 2019). Dadurch sind die Strömungsverhältnisse im Unterwasser ganzjährig durch die Turbinenabströmung geprägt.

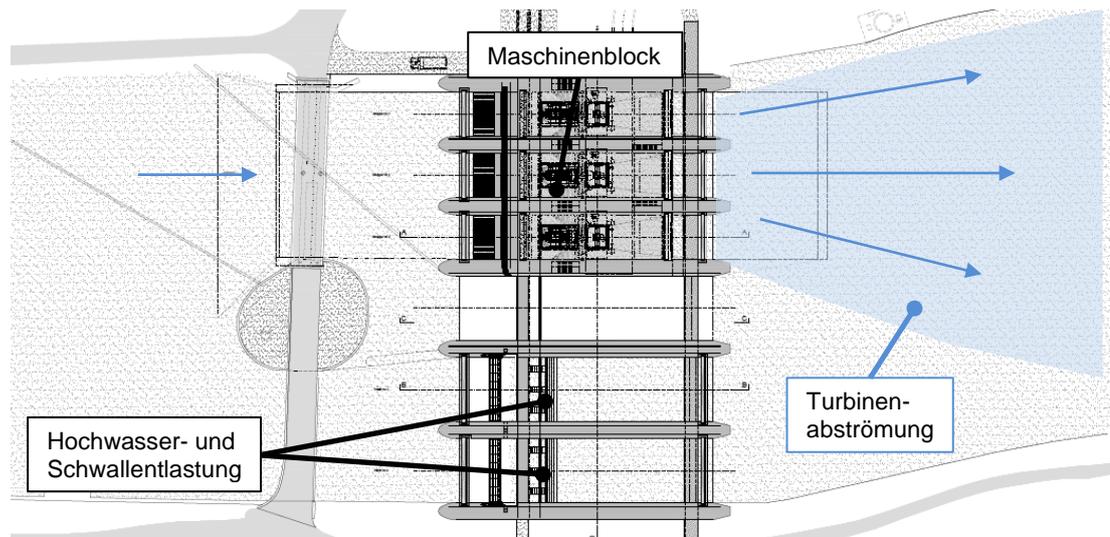


Abbildung 2: Qualitative Abströmung der Turbinen auf der linken Flussseite ins Unterwasser (IUB 2018)

3.3 Leitfischarten

Die Aare liegt im Bereich des Kraftwerks Aarau in der Barbenregion. Gemäss dem Positionspapier zur interkantonalen Aareplanung AG-BE-SO (2014) nach GSChG/GSchV "Fischwanderhilfen bei Aarekraftwerken" sind die FAH unterstrom des Bielersees und damit auch in Aarau auf den Lachs und die Barbe auszulegen.

4 Fischeaufstieg

In der Grobtriage des Variantenstudiums (IUB 2018) ging der konventionelle Schlitzpass als zu untersuchende Bauweise hervor.

4.1 Antrag um Bestvariante Kanton Aargau

Die Eniwa AG reichte mit Schreiben vom 09. April 2018 beim Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer, Sektion Gewässernutzung des Kanton Aarau einen Antrag für die Festlegung der Bestvariante ein, damit Planungssicherheit für das Bauprojekt besteht. Üblicherweise wird anschliessend die Wahl der Bestvariante noch dem BAFU zugestellt, welches dann die Bestvariante und die voraussichtlichen Kosten genehmigt. Weil jedoch von Seiten Behörden erst das Gesamtprojekt der Erneuerung beurteilt werden soll, wurde die Bestvariante nicht bestätigt.

Aufgrund des Vergleichs der ethohydraulischen Bewertung mit den Kosten wird die Variante 5 als Bestvariante für die FAH beim Maschinenhaus des KWA empfohlen und für die weitere Projektierung ausgearbeitet (vgl. Kapitel 4.6 und IUB 2018).

Laut Art. 34 EnG erstattet der nationale Netzzuschlagsfond der Konzessionärin die vollständigen Kosten für Massnahmen nach Art. 10 BGF. Die Zusammenstellung der Kosten für die gemachten Projektierungsarbeiten des Variantenstudiums wird zusammen mit dem Entschädigungsgesuch der Abrechnung nach Realisierung eingereicht.

4.2 Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen sind im Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) von Sigmaplan (2019) abgehandelt. Der UVB liegt in der Beilage 4 "UVB Hauptuntersuchung" und der Beilage 5 "Beilagen zur UVB Hauptuntersuchung" des Bau- und Auflageprojektdossier vor.

4.3 Dimensionierung konventioneller Schlitzpass

Unter Berücksichtigung der Empfehlungen nach DWA (2014) und der interkantonalen Aareplanung (2014) wurden die folgenden geometrischen und hydraulischen Grenzwerte bestimmt:

Tabelle 1: Bemessungswerte zur Dimensionierung Vertikal-Schlitzpass

Parameter		Bemessungswert	Leitfischart
Länge Becken (= min. 3 * Fischlänge)	l_b	3 m	Lachs
Breite Becken (= Länge * $\frac{3}{4}$)	b	2.25 m	Lachs
Max. WSP-Differenz	Δh	0.13 m	Barbenregion
Schlitzbreite Becken	s	0.35 m	Barbe / Lachs
Min. Abflusstiefe	h	0.97 m	
Mittlere Abflusstiefe	h_m	1.04 m	
Max. Leistungsdichte	ρ_{Dmax}	135 W/m ³	
Max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz	v_s	1.47 m/s	

In den Becken werden 0.3 m Sohlensubstrat eingebaut. Die Trennwände besitzen eine Mindesthöhe von 1.5 m auf, im Rückstaubeinflussten einstiegshen Bereich sind sie noch höher.

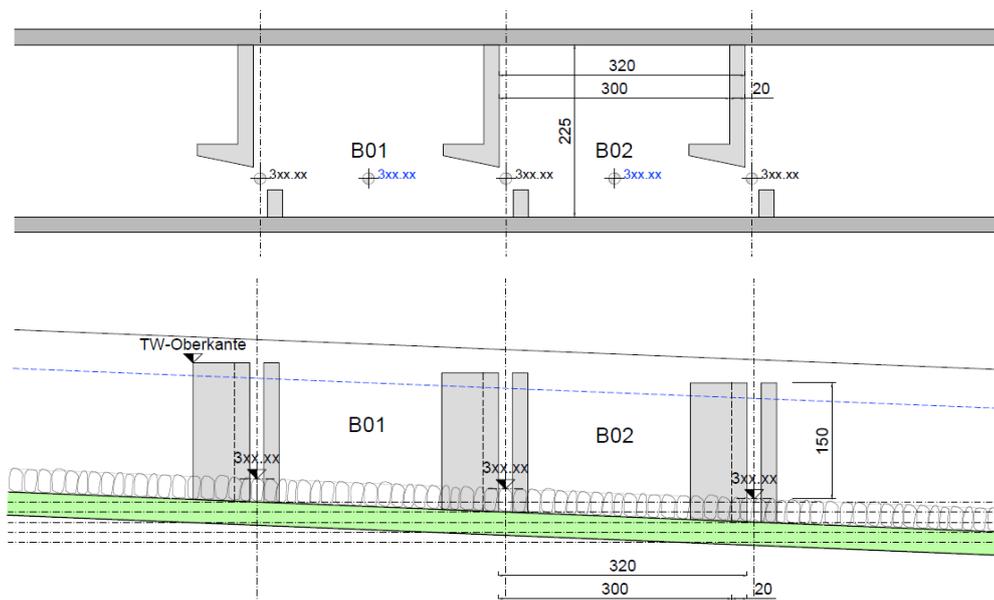


Abbildung 3: Standardbecken konventioneller Schlitzpass (Auszug Plan P.33.990, IM 2019)

4.4 Hydraulik

Die Bemessung der FAH erfolgte nach DWA 2014. Die hydraulischen und geometrischen Kennwerte können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Wasserstände, Hydraulische Bemessung und gewählte Geometrie (Literaturangaben DWA 2014)

Wasserstände			
Oberwasser OW			
WSP bei Q_{35}	$OW_{Q_{35}}$	370.25 m ü.M.	
WSP bei Q_{335}	$OW_{Q_{335}}$	370.60 m ü.M.	
Differenz OW	ΔOW	0.35 m	
Unterwasser UW			
WSP bei Q_{35}	$UW_{Q_{35}}$	364.86 m ü.M.	
WSP bei Q_{335}	$UW_{Q_{335}}$	363.40 m ü.M.	
Differenz UW	ΔUW	1.46 m	
Minimale Fallhöhe	ΔH_{min}	5.39 m	
Maximale Fallhöhe	ΔH_{max}	7.20 m	
Geplanter Abfluss	Q	0.50 m ³ /s	

Hydraulische Bemessung			
Grenzfließtiefe			
Fließtiefe	h_u	1.00	Nach Tabelle 43
Grenzfließtiefe	h_{gr}	0.59 m	Formel 8.11, Kap.8.2.4.3
Abfluss	Q	0.50 m ³ /s	
Gewählte Δh			
Max. Fallhöhe am Schlitz	Δh	0.13 m	Gewählt aufgrund Gewerbekanal
Torricelli v.max im Schlitz	v_{max}	1.60 m/s	Formel 8.4, Kap.8.2.4.3 (Torricelli)
Anzahl Becken	n	54.00	Formel 8.2, Kap.8.2.4.3
Δh_{bem} nach v_{max} von Tabelle 40			
v_{max} nach Fließgewässerregion	$v_{maxTab40}$	1.60 m/s	Nach Tabelle 40
Max. Fallhöhe am Schlitz	Δh_{bem}	0.130 m	Formel 8.4, Kap.8.2.4.3 (Torricelli)
Anzahl Becken	n	54.0	Formel 8.2, Kap.8.2.4.3

Gewählte Geometrie			
Max. Fallhöhe am Schlitz	Δh	0.13 m	
Anzahl Becken	n	54.00	
Beckenlänge	L_B	3.00 m	
Beckenbreite	b	2.25 m	
Breite Leitwand	d	0.20 m	
Gesamte Länge (d+LB)*n	L_{ges}	172.80 m	
Schlitzbreite (gewählt)	s	0.35 m	
Substratauflage	h_{Sub}	0.20 m	
Grenzfließtiefe	h_{gr}	0.59 m	Formel 8.11, Kap.8.2.4.3
min Wassertiefe nach Becken	h_u	0.97 m	
Wassertiefe vor Becken ($h_u + \Delta h$)	h_0	1.10 m	
Mittlere Wassertiefe ($h_u + \Delta h/2$)	h_m	1.04 m	
Kote Sub OW (OW- h_u - Δh)	min OW	369.50 m ü.M.	Siehe Bsp.1 V1, pag 247
Kote Sub UW (UW - h_u)	min UW	362.43 m ü.M.	Siehe Bsp.1 V1, pag 247
Maximale Geschwindigkeit	v_{max}	1.60 m/s	< v_{bem} 1.60
Verhältniss	h_u/h_0	0.88	
Abflussbeiwert	μ_v	0.39	Formel 8.15a, Kap.8.2.4.3
Abfluss	Q	0.50 m ³ /s	Formel 8.14, Kap.8.2.4.3 Muss wie "Geplanter Abfluss" sein,
Leistungsdichte	p_D	85.37 W/m ³	Formel 8.8, Kap.8.2.4.3
Max Leistungsdichte	p_{Dmax}	135.00 W/m ³	Nach Tabelle 21*0.9 (Sicherheit.)
Geschwindigkeit in Schlitz Q/(s+ h_u)	v_s	1.47 m/s	

4.5 Lage der Einstiege und des Ausstiegs

Die Auffindbarkeit und Erreichbarkeit des Einstiegs (Auslauf ins Unterwasser) sind für die optimale Funktionsfähigkeit einer FAH von zentraler Bedeutung. Die Lage des Einstiegs muss gemäss DWA 2014 am Fusse des Wanderhindernisses angeordnet werden. Dies gilt insbesondere für Wehranlagen und kleinere Kraftwerke, an denen bis zum eigentlichen Wanderhindernis keine hydraulischen Barrieren bestehen. Bei grossen Kraftwerken wie an der Aare ist die übergeordnete Strömungssituation zu betrachten. Je nach Strömung und Turbulenz gilt hier die Devise „möglichst nah, aber noch für alle Fische erreichbar“. Im Weiteren müssen die Einstiege den unterschiedlichen Anforderungen der Fischarten, wie beispielsweise rheophilen oder sohlenorientierten Arten, gerecht werden. Aus diesem Grund sind insbesondere bei grösseren Kraftwerk (> 50 m Sohlenbreite) mehrere Einstiege zu prüfen.

Im Rahmen des Variantenstudiums Fischgängigkeit (IUB 2018) wurden unter Berücksichtigung der Turbinenabströmung und der Lage des Kraftwerks fünf Einstiegsmöglichkeiten untersucht und anhand ihrer Auffindbarkeit und Erreichbarkeit priorisiert (Abbildung 4). Weiterverfolgt wurden die Einstiege mit Priorität 1 und 2.

Aus dem Variantenstudium (IUB 2018) ging der Ausstieg Prio. 1 als Bestvariante hervor, da der Ausstieg Prio. 2 den späteren Bau einer Fischabstiegshilfe einschränken würde. Beim Ausstieg wird mit einer 1:2 geneigten Rampe auch im Oberwasser die Sohlenanbindung gewährleistet.

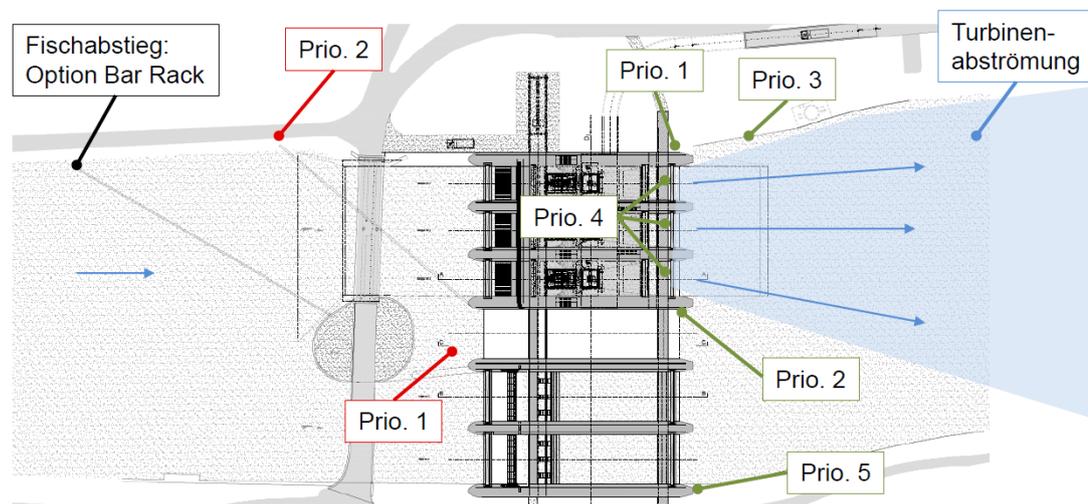


Abbildung 4: Optionen Ein- und Ausstiege für FAH (IUB 2018 modifiziert)

4.5.1 2D-Modellierung Turbinenabströmung

Zur Optimierung der Lage der Einstiege wurde eine 2D-Modellierung der Turbinenabströmung für UW_{Q35} mit insgesamt $450 \text{ m}^3/\text{s}$ (Abbildung 5) und UW_{Q335} (Abbildung 6) mit insgesamt $141 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgeführt. Der grau eingefärbte Bereich (Abbildung 5, Abbildung 6 und Schnitt in Abbildung 7) ist überdeckt.

Der Einstieg am linken Ufer ist unterstrom des Saugrohrs angeordnet. Für schwimmschwache Fische ist am linken Ufer eine Leitwand geplant (vgl. Kapitel 4.5.2).

Aus den Modellierungen ist ersichtlich, dass am rechten Ufer aufwärtswandernde Fische direkt zum Einstieg beim Zwischenbereich geleitet werden.

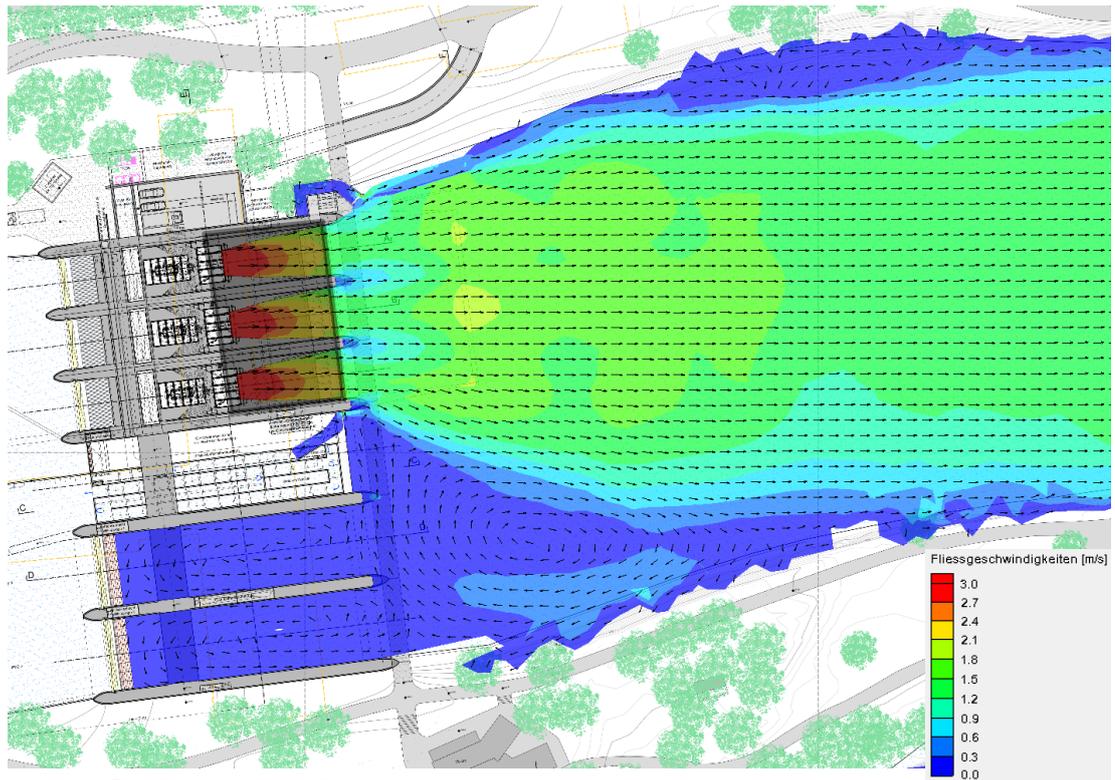


Abbildung 5: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten im UW_{Q35}

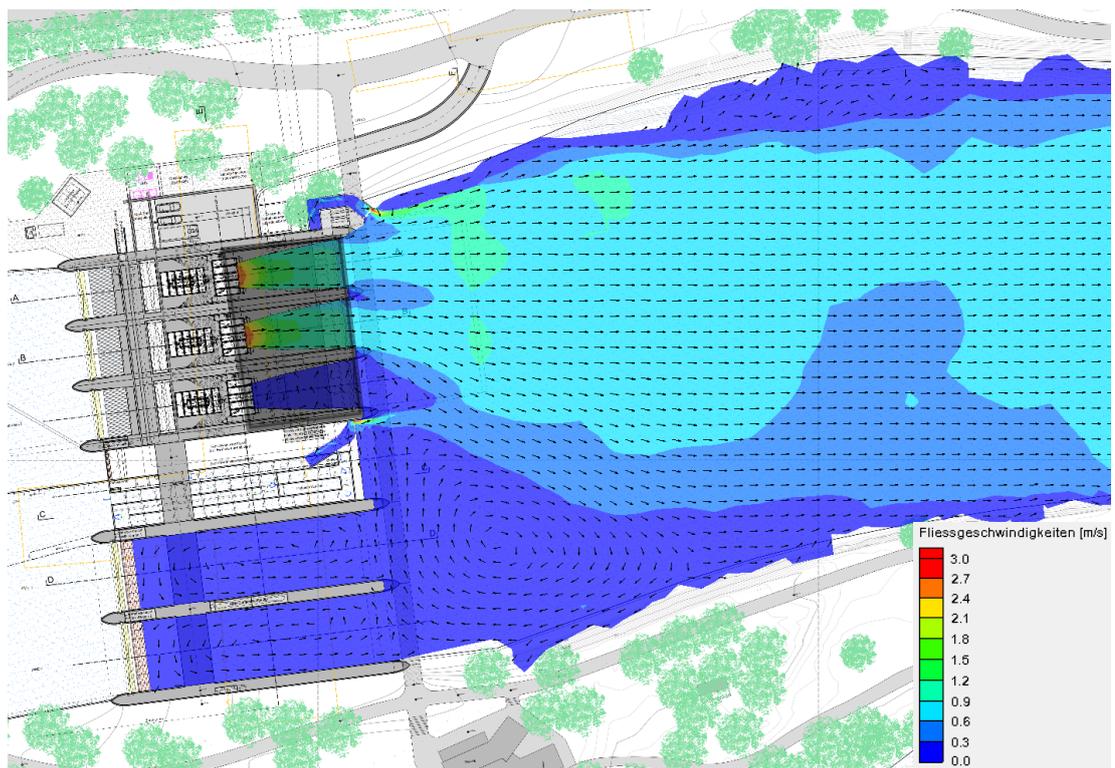


Abbildung 6: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten im UW_{Q335}

Die detaillierte Gestaltung der Einstiege (Kapitel 4.5.2 und 4.5.3) ist im 2D-Modell nicht abgebildet. Ziel der Modellierung war, die Lage der Einstiege in Bezug auf die Turbinenabströmung zu optimieren.

Damit für die Fische Suchbewegungen quer zur Fließrichtung möglich sind um die Einstiege zu finden, werden die Pfeiler nach dem Saugrohr bis zur Kote 362.65 m ü.M. gebaut.

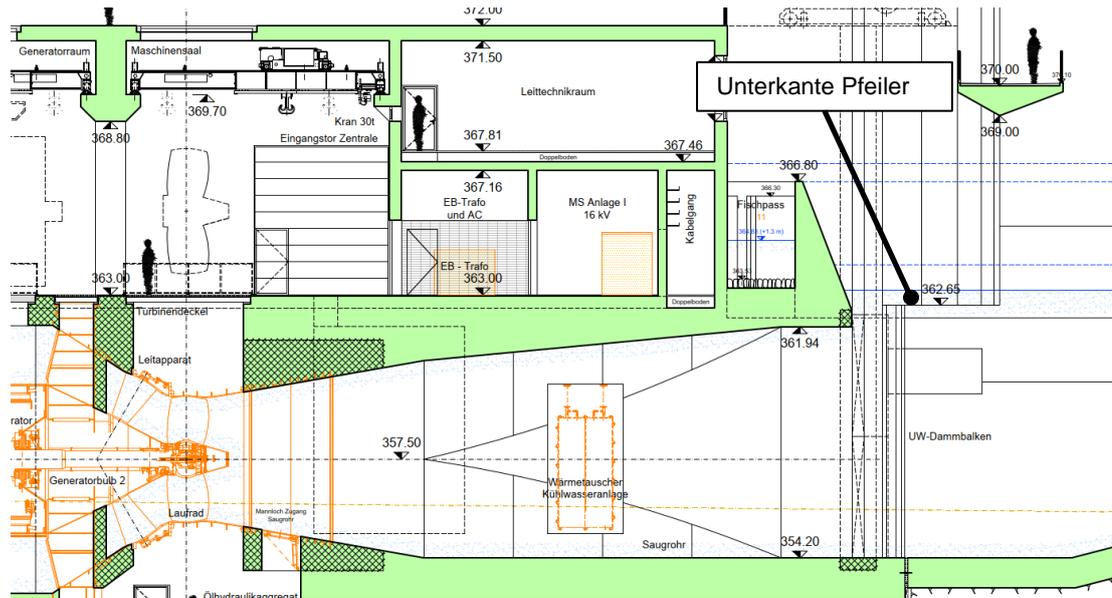


Abbildung 7: Saugrohr und Pfeiler (Auszug Plan P.33.982)

4.5.2 Einstieg linkes Ufer (1. Prio.)

Der Einstieg am linken Ufer (1. Priorität = Einstieg 1) dient vor allem schwimmstarken Fischen, die entlang des linken Ufers wandern und auch Bereich mit hoher Geschwindigkeit und Turbulenz durchschwimmen können. Einstieg 1 wird mit einer Leitwand ergänzt. Zwischen Ufer und Leitwand entsteht ein schwach dotierter, strömungsberuhigter Wanderkorridor, durch den auch schwimmschwächere Fische Einstieg 1 erreichen können. Damit steht effektiv ein dritter Einstieg (Prio. 3) zur Verfügung (Abbildung 8). Zusätzlich besitzt die flusszugewandte Seite Wand eine verhaltensbiologische Leitwirkung zum Einstieg 1. Die Strömungsverhältnisse am Einstieg 1 und im ufernahen Wanderkorridor können durch zwei Klappen (eine am Einstieg 1 und eine am oberen Ende der Leitwand; Abbildung 8) reguliert werden. Die Klappe am Einstieg 1 wird zunächst so eingestellt, dass sich die gleiche Fließgeschwindigkeit wie an den Schlitzpasstrennwänden ergibt ($v = 1.6 \text{ m/s}$). Bei Bedarf kann die Geschwindigkeit auch reduziert werden.

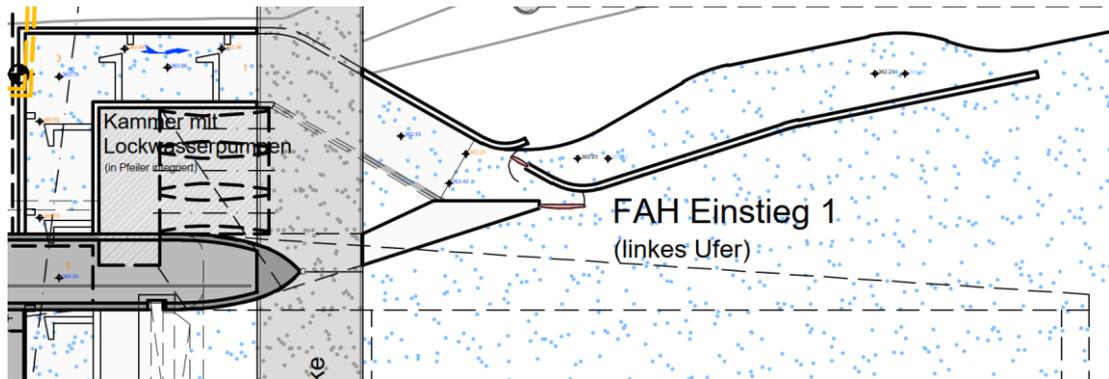


Abbildung 8: Einstieg linkes Ufer mit Leitwand (Auszug Plan P.33.980)

4.5.3 Einstieg Zwischenbereich (2. Prio.)

Aufwärtswandernde Fische, die dem rechten Ufer folgen, werden voraussichtlich mehrheitlich am rechten Rand der Turbinenabströmung entlang zum Zwischenbereich (Priorität 2) schwimmen. Ein zweiter Einstieg ist daher unmittelbar beim Pfeiler rechts der rechten Saugrohrs angeordnet (Abbildung 9).

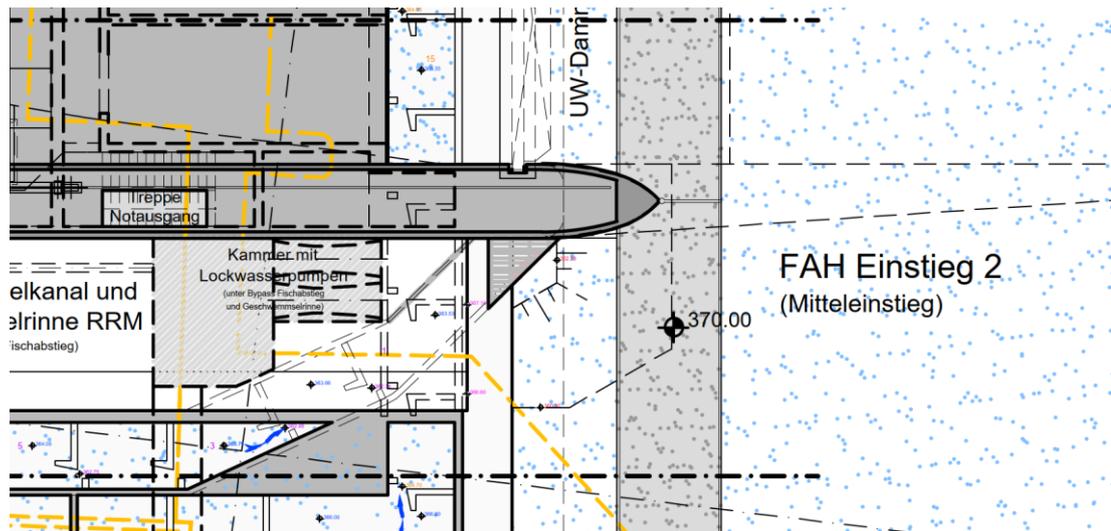


Abbildung 9: Einstieg Zwischenbereich (Auszug Plan P.33.980)

4.6 Linienführung

Im Variantenstudium (IUB 2018) der Linienführung wurden vier Kombinationen von Schlitzpässen und eine Kombination mit einem Raugerinne-Beckenpass mit den definierten Ein- und Ausstiegsanordnungen untersucht:

- V1: Separate Vertikal-Schlitzpässe links und im Zwischenbereich (Variantenstudium Fischaufstiegshilfe, Kapitel 3.5.1 (IUB 2018))
- V2: Raugerinne-Beckenpass links mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich (Variantenstudium Fischaufstiegshilfe, Kapitel 3.5.2 (IUB 2018))
- V3: Vertikal-Schlitzpass links mit Faltung und Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich (Variantenstudium Fischaufstiegshilfe, Kapitel 3.5.3 (IUB 2018))
- V4: Vertikal-Schlitzpass links gestreckt mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich (Variantenstudium Fischaufstiegshilfe, Kapitel 3.5.4 (IUB 2018))
- V5: Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich mit Vertikal-Schlitzpassast zum linken Ufer (Variantenstudium Fischaufstiegshilfe, Kapitel 3.5.5 (IUB 2018))

Zur Bestimmung der Bestvariante wurden die Kosten und Nutzen verglichen. Bei den Varianten V1, V2 und V3 wurde bei der weiteren detaillierten Beurteilung ersichtlich, dass diese hinsichtlich der Platzverhältnisse nicht machbar sind. V2 müsste aufgrund der steilen linken Uferböschung technischer ausfallen und wäre nicht mit den geplanten Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen (AEM) kompatibel (Sigmaplan 2019).

Variante 5 schneidet sowohl hinsichtlich des Nutzens als auch der Kosten am besten ab. Wesentliche Vorteile gegenüber den anderen Varianten sind die Kompatibilität mit einer allenfalls später zu bauenden Fischaufstiegshilfe, das einheitliche Gefälle von den Einstiegen bis zum Ausstieg (ähnliche Hydraulik in allen Becken der FAH) sowie die gute technische Machbarkeit und damit verbundenen moderaten Baukosten. Die Linienführung der Variante 5 wurde in der Projektplanung optimiert.

Der Fischaufstieg besteht aus zwei Einstiegsästen, die mit je 500 l/s dotiert werden. Vom Einstieg am linken Ufer führen 19 Schlitzpassbecken (Abbildung 10, in Blau) über die Saugrohre zum Verteilbecken Nr. 20. Die Oberkante der rechten Schlitzpasswand als Abgrenzung zum Unterwasser liegt auf 366.8 m ü.M., was der Kote des HQ₁₀₀ entspricht (Abbildung 7). Dies bedeutet, dass bis zu einem HQ₁₀₀ kein Wasser seitlich in die FAH fliesst. Vom Einstieg des Zwischenbereichs führen ebenfalls 19 Schlitzpassbecken mit einer 180° Wendung zum Verteilbecken (Abbildung 10, in Türkis).

Die Becken Nr. 11 bis 17 (Abbildung 10 und Plan P.33.980/P.33.989) dieses Abschnitts liegen in der Draufsicht unter den Becken Nr. 45 - 51 des Abschnitts oberstrom des Verteilbeckens

(Abbildung 11, Abschnitt oberhalb Verteilbecken in Pink). Durch eine Galerie mit Stützen zwischen dem Strang der Becken Nr. 3 - 11 und dem Stand der Becken Nr. 11 bis 17 kann der Abschnitt mit Tageslicht beleuchtet werden (Abbildung 11).

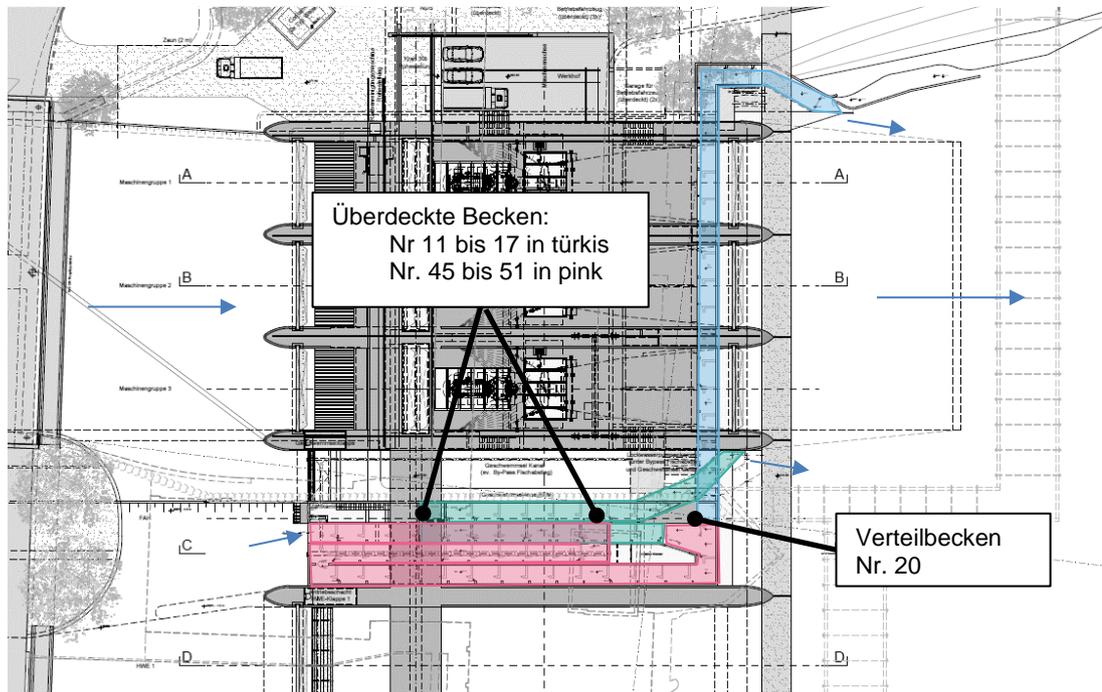


Abbildung 10: Linienführung Fischaufstiegshilfe (Auszug Plan P.33.980, IM 2019)

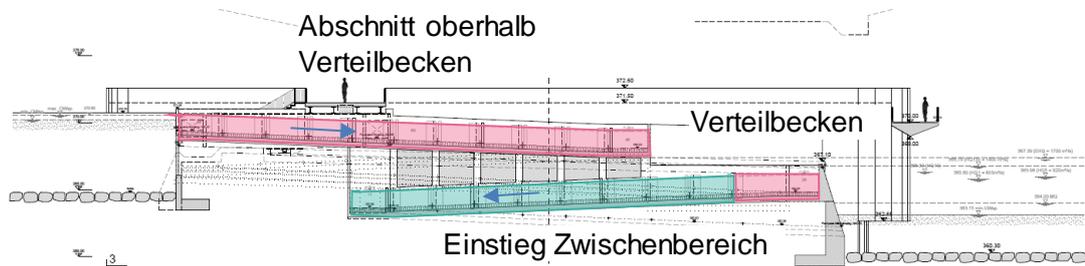


Abbildung 11: Zwischenbereich Schnitt 3, Überdeckung inkl. Galerie (Auszug Plan P.33.989, IM 2019)

Die Anordnung der Trennwände wird im Ausführungsprojekt unter Einbezug eines Experten und der kantonalen Fischereibehörde geprüft und abschliessend definiert. Kurzschlussströmungen sind bei der Anordnung zu vermeiden.

Die Wendebecken Nr. 3 (linkes Ufer), 11 (Zwischenbereich), 21, 35 und 45 (Abbildung 12) sind so dimensioniert, dass jeweils vom Schlitz zur gegenüberliegenden Schlitzpasswand 3 m eingehalten werden.

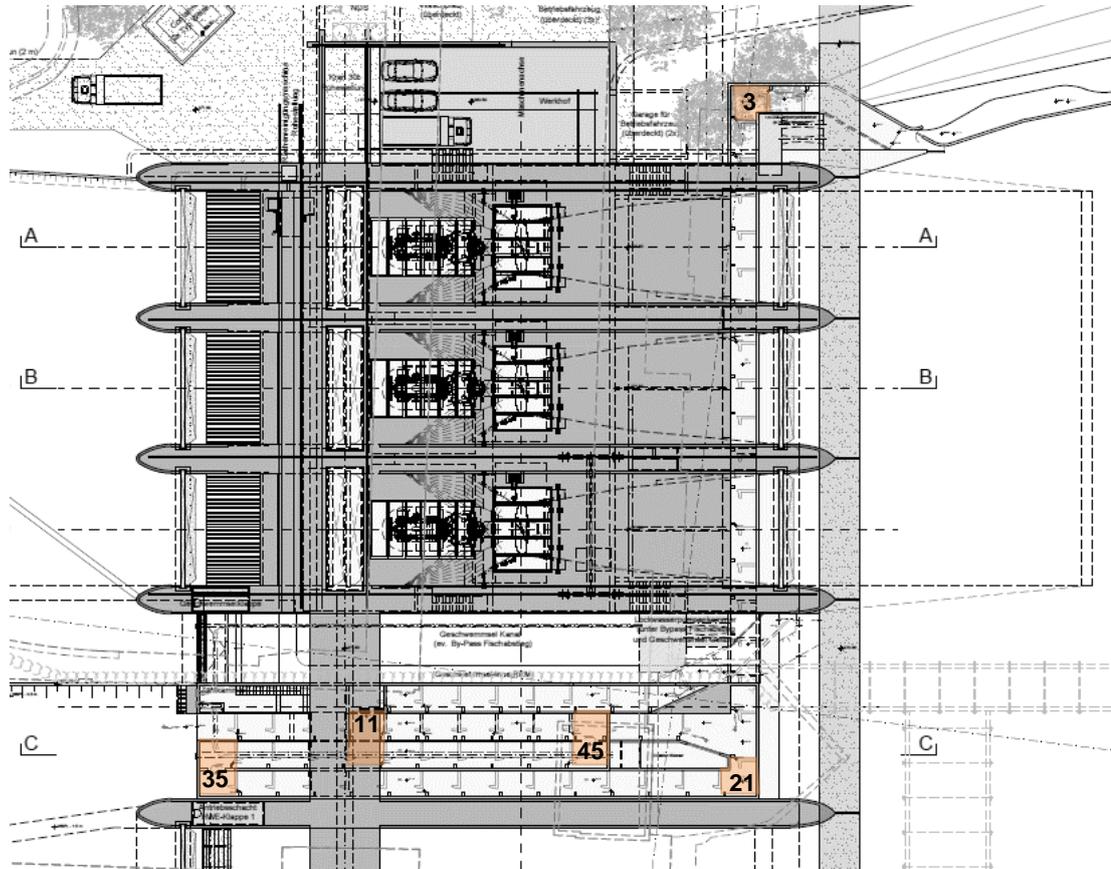


Abbildung 12: Wendebecken Nummern 3, 11, 21, 35 und 45 in Orange (Auszug Plan P.33.980, IM 2019)

4.7 Verteilbecken

Vom Oberwasser werden 500 l/s in das Verteilbecken (Becken-Nr. 20) geleitet, so dass beide von hier abgehenden Schlitzpassäste mit einem Betriebsabfluss von 500 l/s betrieben werden können (Abbildung 13). Das Verteilbecken ist gut dreimal so gross wie ein Standardschlitzpassbecken, so dass die Turbulenz in diesem Becken trotz Wasserzugabe die Grenzwerte nicht überschreitet. Das zugeleitete Wasser wird links vom Ausstieg des Fischaufstiegs gefasst (Abbildung 14). Die Fassung besitzt einen Feinrechen und eine automatische Rechenreinigungsmaschine.

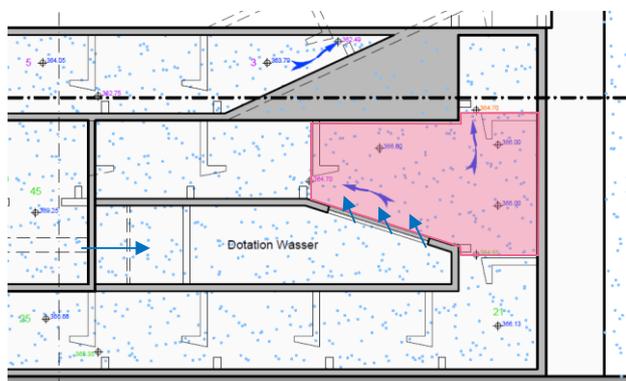


Abbildung 13: Verteilbecken (Auszug Plan P.33.980, IM 2019)

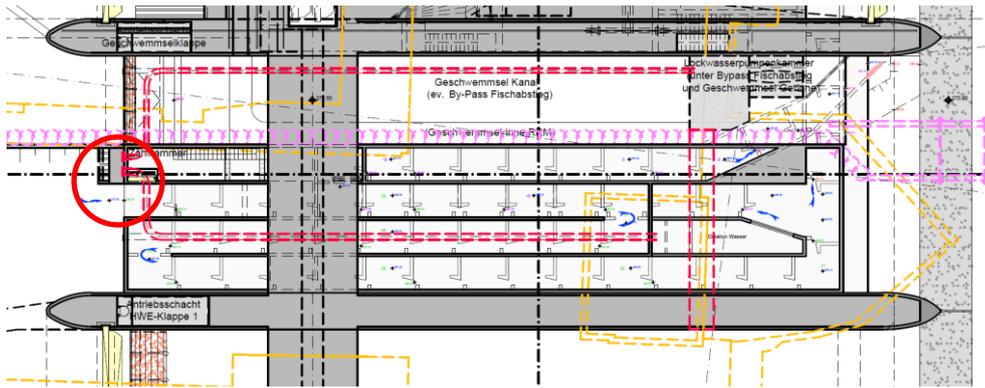


Abbildung 14: Zuleitung Verteilbecken; roter Kreis: Wasserentnahme mit RRM (Auszug Plan P.33.980, IM 2019)

4.8 Dotation der Leitströmung

Zur Verbesserung der Auffindbarkeit der Einstiege ist eine Verstärkung der Leitströmung vorgesehen. Dies wird mittels einer zusätzlichen Dotation in das jeweilige unterste Fischpassbecken (Einstiegsbecken) erreicht.

Die Gesamtdotation beider Einstiege beträgt 1 % des turbinierten Abflusses (Interkantonale Aareplan 2014), d.h. die Dotation ist abflussabhängig. Der Ausbauabfluss des Kraftwerks beträgt $420 \text{ m}^3/\text{s}$. Damit ergibt sich bei einer Dotation von 1% des Ausbauabflusses eine Gesamtdotation der FAH von $4.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Betriebsabfluss der FAH pro Einstieg beträgt $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kap. 0). Bei zwei zu dotierenden Einstiegen (Einstieg Prio. 3 wird mit Teilen des Abflusses aus Einstieg Prio. 1 dotiert) sind somit insgesamt $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($4 - 2 \times 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$) in den Einstiegsbecken zuzugeben. Damit nicht das gesamte Wasser dem OW-Kanal entnommen werden muss und somit der Energieproduktion verloren geht, wird mittels Lockstrompumpen (Abbildung 15) Wasser aus dem Turbinenunterwasser ins Einstiegsbecken gefördert. Das Verhältnis des Düsendurchflusses (entnommen im OW) zum ins Einstiegsbecken geförderten Dotionsabfluss liegt je nach aktueller Fallhöhe bei mindestens 1:4. Um die Zusatzdotation in Abhängigkeit vom turbinierten Abfluss regulieren zu können, sind mehrere Lockstrompumpen vorgesehen, die einzeln in Betrieb genommen werden können.

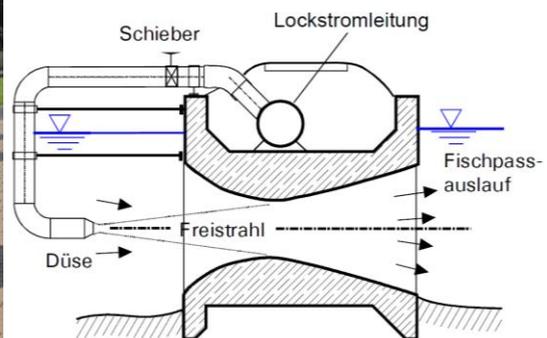


Abbildung 15: Lockstrompumpen (links) und Funktionsschema Lockstrompumpe nach Hassinger (2010) (rechts)

4.8.1 Linkes Ufer

Am linken Ufer sollen insgesamt $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ins Unterwasser dotiert werden. Der Einstieg am linken Ufer ist aufgrund der Uferanbindung der wichtigere Einstieg (Prio. 1) und wird daher stärker dotiert als der Einstieg im Zwischenbereich. Die Dotation setzt sich aus dem Abfluss aus der FAH ($0.5 \text{ m}^3/\text{s}$) und der Dotation durch die fünf Lockstrompumpen (LSP) ($0.5 - 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$) zusammen. Daraus folgt ein Abfluss von $0.5 - 3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ am linken Einstieg. Aus dem Oberwasser werden $0.625 \text{ m}^3/\text{s}$ (pro Lockstrompumpe $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$) für die Düsen mit einer Leitung DN600 entnommen. Pro Lockstrompumpe werden $0.375 \text{ m}^3/\text{s}$ (insgesamt $1.875 \text{ m}^3/\text{s}$) Ansaugwasser aus dem Unterwasser benötigt.

Die Lockstrompumpen werden übereinanderliegend angeordnet (Abbildung 16), mit 2 LSP in der oberen und 3 LSP in der unteren Reihe.

Im standardmässigen Betrieb sind am linken Ufer in Abhängigkeit des Abflusses maximal 4 Lockstrompumpen eingeschaltet. Der Abfluss kann in Abhängigkeit vom turbinierten Abfluss gestaffelt werden (s.o.). Die fünfte Pumpe dient als Reserve bei hohen Abflüssen, falls die technische Funktionskontrolle zeigt, dass die geplante Lockströmung kleiner ausfallen sollte.

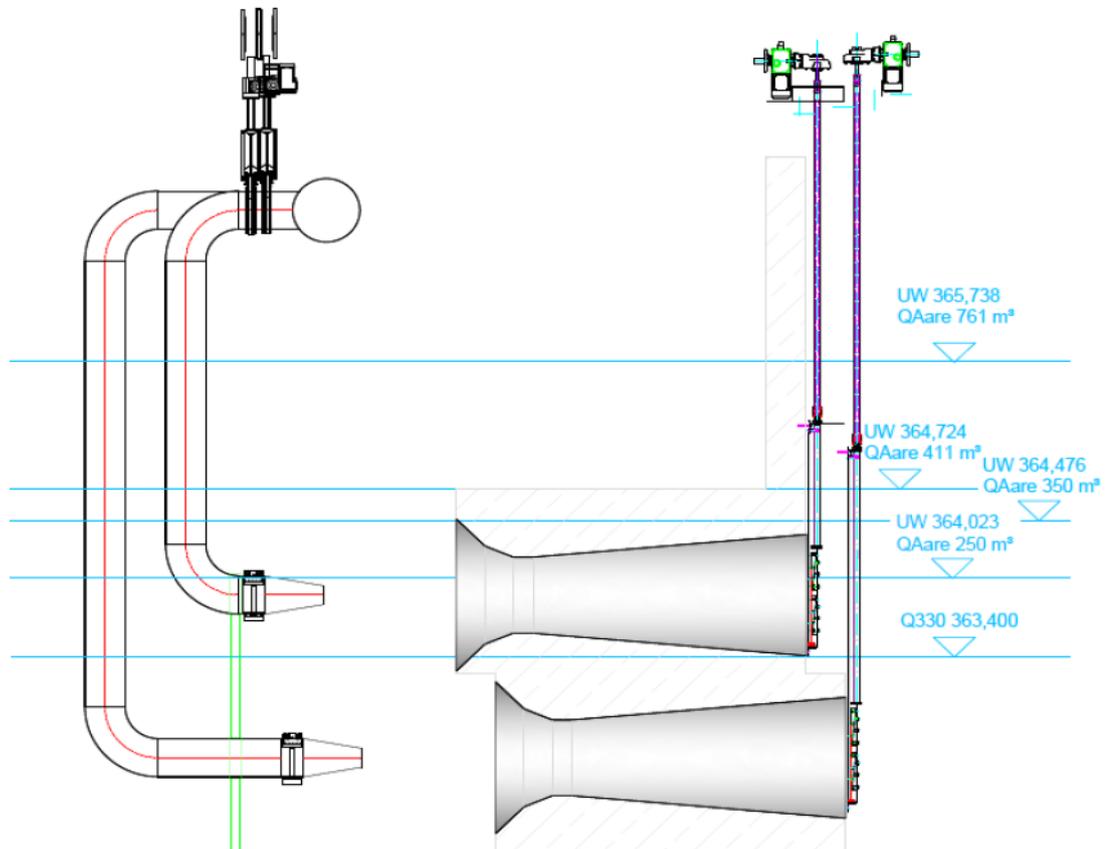


Abbildung 16: Lockstrompumpen (Der Wasserwirt 2019)

4.8.2 Zwischenbereich

Im Zwischenbereich sollen 1.5 m³/s dotiert werden können. Der Abfluss der FAH beträgt wie am linken Ufer 0.5 m³/s. Zur Erzeugung der Dotation sind drei Lockstrompumpen (0.5 - 1.5 m³/s) vorgesehen. Aus dem Oberwasser werden max. 0.375 m³/s mit einer Leitung DN400 für das Düsenwasser entnommen und aus dem Unterwasser max. 1.125 m³/s für das Ansaugwasser.

Die Anordnung der Lockstrompumpen erfolgt in zwei Reihen mit entweder 2 LSP in der oberen und einer in der unteren Reihe oder eine LSP in der oberen Reihe und 2 LSP in der unteren Reihe.

Im standardmässigen Betrieb sind am linken Ufer in Abhängigkeit des Abflusses maximal 4 Lockstrompumpen eingeschaltet. Der Abfluss kann in Abhängigkeit vom turbinierten Abfluss gestaffelt werden (s.o.). Die fünfte Pumpe dient als Reserve bei hohen Abflüssen, falls die technische Funktionskontrolle

Im Zwischenbereich sind in Abhängigkeit des Abflusses zwei Lockstrompumpen in Betrieb. Der Abfluss kann in Abhängigkeit vom turbinierten Abfluss gestaffelt werden. Die dritte Pumpe dient als Reserve bei hohen Abflüssen, falls die technische Funktionskontrolle zeigt, dass die geplante Lockströmung kleiner ausfallen sollte.

4.9 Wirkungskontrolle

Die Sanierungsverfügung beinhaltet sowohl den Bau der FAH als auch deren biologische Wirkungskontrolle.

Für die Wirkungskontrolle der FAH ist ein Fischzählbecken (Abbildung 17, rechts) (bzw. zwei Fischzählbecken, falls zwei individuelle Anlagen an beiden Ufern in Frage kommen) sowie PIT-Tagging (Abbildung 17, links) vorgesehen.

Es ist angedacht, die Fische während eines ganzen Jahres durchgehend zu zählen. Die Dauer der PIT-Tagging-Untersuchung wird auf 2 bis 2.5 Jahre geschätzt. Diese beginnt ein halbes Jahr vor den Fischzählungen mittels Zählbecken und dauert bis zu 1 Jahr über die Dauer der Fischzählungen hinaus.

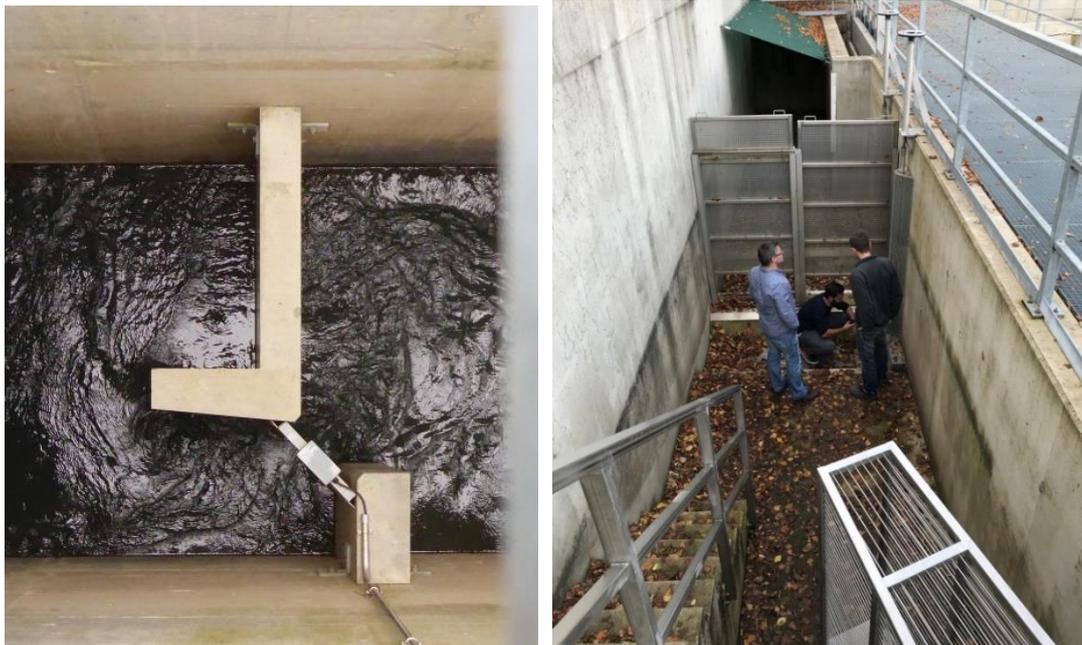


Abbildung 17: Einrichtung PIT-Tagging KW Rüchlig (links) und Fischzählbecken Mosellum Koblenz (rechts)

Das Fischzählbecken überbrückt drei konventionelle Schlitzpassbecken (je 13 cm), wodurch sich beim Einlaufquerschnitt eine Fallhöhe von ca. 40 cm ergibt (Abbildung 18). Diese kann in Kombination mit einer starken Strahlumlenkung auch von schwimmstarken Fischen kaum mehr überwunden werden. Ein Betonblock vor dem Einlauf ins Zählbecken sorgt dafür, dass der Wasserstrahl vom Oberwasser gebrochen wird und die Fische nicht in Richtung Oberwasser springen können. Das Fischzählbecken wird direkt unterhalb des Ausstiegs angeordnet, damit die gesamte FAH auf ihre Funktionstüchtigkeit hin überprüft werden kann.

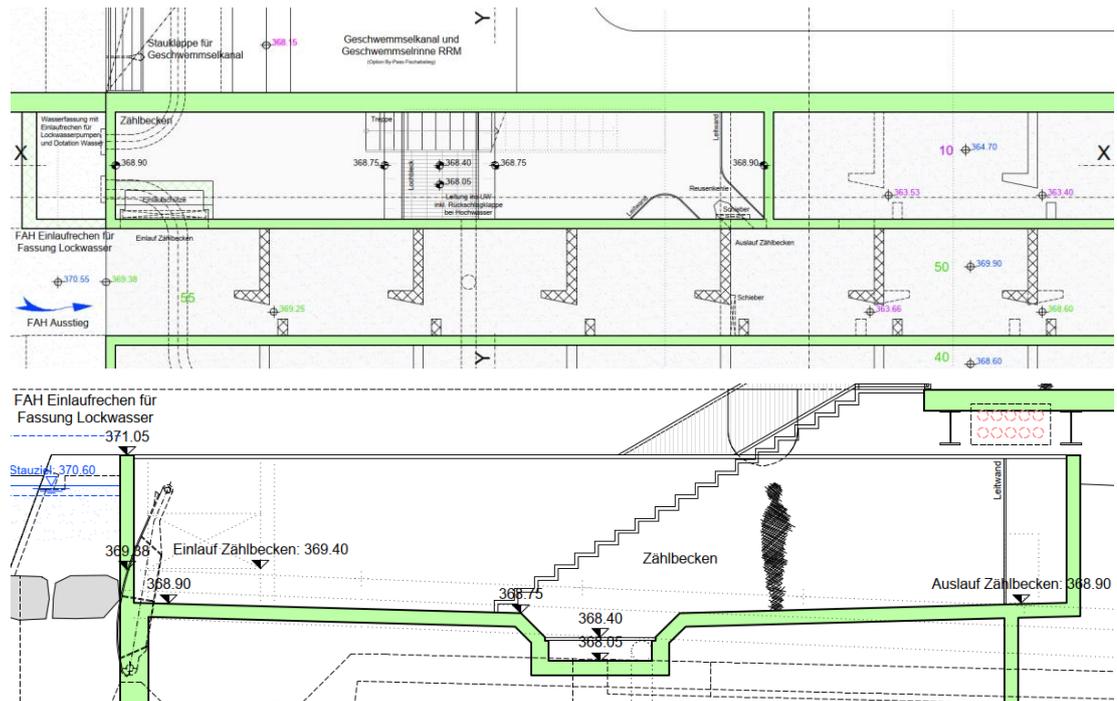


Abbildung 18: Fischzählbecken mit Kurzschliessen von drei Schlitzpassbecken (Auszug Plan P.33.990)

Die Breite des Einlaufschlitzes beträgt 0.35 m. Um das Ausschwimmens vom Fischen aus dem Zählbecken zu verringern, ist eine Reusenkehle notwendig. Die Form der Reusenkehle ist auf Basis der aktuellen Kenntnisse (Wilmsmeier et al. 2018) in der Ausführungsplanung detailliert zu planen.

PIT-Tagging (Passive Integrated Transponder) ist eine passive telemetrische Methode zur elektronischen Markierung von Fischen, die u.a. im Rahmen des Monitorings von Fischwanderhilfen Anwendung findet. An ausgewählten Standorten (Beispielsweise Schlitze beim Einstieg und vor der Zählkammer einer Aufstiegshilfe, Abbildung 17, links) werden Lesegeräte (sogenannte Reader) eingesetzt, die während des Monitorings die mit Transpondern besenderten Fische identifizieren.

Um zusätzliche Informationen für die Beurteilung der Funktionalität der FAH im Rahmen der biologischen Wirkungskontrolle zu gewinnen, soll die Fischzählung durch einer PIT-Tagging Studie ergänzt werden. Aus dieser Studie können zusätzliche Informationen zur Auffindbarkeit, zur Passierbarkeit, zur Funktion des Zählbeckens und zur Dauer des Aufstiegs gezogen werden. Wird nur eine der beiden Methoden angewendet, können erfahrungsgemäss schnell Fehlschlüsse aus den Daten gezogen werden.

4.10 Kostenschätzung

Die Kosten für die Erneuerung der Gesamtanlage können dem technischen Bericht Neues Flusskraftwerk (Kapitel 6) entnommen werden. Die Kostenschätzung der Fischaufstiegshilfe basiert auf dem KV des neuen Flusskraftwerks. Die Massnahmen für die Fischwanderungen profitieren dabei von der Synergie mit der Gesamterneuerung des Kraftwerks.

Die Kosten für den Bau der Fischaufstiegshilfe am Hauptkraftwerk, die Planungskosten, Baunebenkosten, allgemeinen Kosten, Entschädigung der Wasserverluste und Wirkungskontrolle werden auf 6.432 Mio. CHF (+/- 15%) geschätzt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Kostenschätzung (+/- 15%) Fischaufstiegshilfe Hauptkraftwerk Aarau (IUB 2018)

Positionen in [CHF]	Fischaufstiegshilfe
Direkte Baukosten (exkl. 0.06 m)	3'121'000
Planung/Ingenieurleistungen (12 %)	375'000
Baunebenkosten (5%)	156'000
Allg. Kosten	200'000
Entschädigung Wasserverluste (Erstattungszeitraum 40 J.)	1'770'000
Wirkungskontrolle	350'000
Zwischentotal	5'972'000
MwSt. (7.7%)	460'000
Total inkl. MwSt.	6'432'000
<i>Unterhaltskosten</i>	<i>1'720'000</i>

Die Unterhaltskosten (Tabelle 3) wurden der Vollständigkeit halber aufgeführt, sind aber zum aktuellen Zeitpunkt nicht entschädigungsfähig und daher nicht in der Gesamtsumme enthalten. Sollte sich hier die gesetzliche Ausgangslage ändern, behält sich das Kraftwerk vor, diese Kosten nachträglich anzumelden.

5 Fischabstieg

Am KW Aarau sind fischschonende Turbinen vorgesehen (Minimal Gap Runner o.ä.). Da ihre Wirksamkeit hinsichtlich des Fischabstiegs noch nicht gänzlich geklärt ist, muss das Kraftwerk so konzipiert werden, dass der nachträgliche Bau eines Bar Rack-Systems mit Bypass grundsätzlich möglich bleibt. Dies wird so im neuen Design berücksichtigt.

Im Bericht Wiederherstellung Fischwanderung, Abklärung der Situation betreffend Fischabstieg an der Gesamtanlage (Beilage 3.14, Axpo Power AG, 2019), wird der Fischabstieg an der Gesamtanlage untersucht. In diesem Bericht finden sich auch detaillierte Berechnungen der Überlebensrate bei der Turbinenpassage, welche im Vergleich zur aktuellen Situation deutlich höher sind.

6 Schlussbetrachtung

Es können die folgenden Punkte zusammengefasst werden:

- Im Rahmen des Ausführungsprojekts wurde ein konventioneller Schlitzpass mit zwei Einstiegen zur Wiederherstellung der Fischgängigkeit geplant.
- Hinsichtlich der Fischgängigkeit wurde im vorliegenden Projekt eine deutliche Verbesserung zum Projekt 2013 erzielt.
- Für Fische, die sich am linken Ufer orientieren, wird die Auffindbarkeit deutlich verbessert.
- Die durch den nationalen Netzzuschlag ruckerstatteten Kosten (+/- 15%) belaufen sich für die Fischwanderung am Hauptkraftwerk auf 6.43 Mio. CHF (inkl. MwSt.).

Mit der Zusage für die Entschädigung durch das BAFU (nach EnG und EnV) wird mit dem Bau begonnen. Der Antrag für Entschädigung wird durch die Eniwa AG eingereicht, sobald die Verfügung der beschriebenen Projektanpassungen vorliegt.

Ingenieurgesellschaft KW Aarau

IUB Engineering AG, Bern / IM Maggia Engineering AG, Locarno

Literaturverzeichnis

Axpo Power AG (2017): Planung von Fischaufstiegshilfen, Kriterien und Auswertung für die Bewertung des Nutzens.

BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.

Gebler, R.-J. (2010): Zählbecken - eine fischschonende Methode zur Funktionskontrolle von Fischwegen. Wasserwirtschaft, Nr. 3, S. 26-29.

Hassinger, Dr.-Ing R. (2010): Lockstrompumpe und Feinrechen: Neue technische Entwicklungen für verbesserten Fischschutz und Fischaufstieg. Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universität Kassel.

Interkantonale Aareplanung (2014): Fischwanderhilfen bei Aarekraftwerken. Einheitliche Grundsätze der Kantone AG-BE-SO. Strategische Planung Sanierung Fischgängigkeit. Version 1.1 / 15.08.2014.

IUB (2018): Kraftwerk Aarau - Wiederherstellung der Fischgängigkeit. Technischer Bericht zum Variantenstudium.

Kanton Aargau (2017): Sanierungsverfügung. Protokoll des Regierungsrats vom 16. August 2017. Regierungsratsbeschluss Nr. 2017-000863.

Wilmsmeier, L., Schölzel, N. und Peter, A. (2018): Fischwanderung: Kontrollinstrument Zählbecken. Die unterschätzte Bedeutung der Reusenkehle. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU: 48 S.

Zitek, A., Haidvogel, G., Jungwirth, M., Pavals, P. und Schmutz, S. (2007): Ein ökologisch-strategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fliessgewässern für die Fischfauna in Österreich. AP5 des MIRR-Projektes, Endbericht. Studie im Auftrag von Lebensministerium und Land Niederösterreich. 138.

Anhang - Technischer Bericht zum Variantenstudium (IUB 2018)

**Eniwa AG
Industriestrasse 25
5033 Buchs AG**

Kraftwerk Aarau - Wiederherstellung der Fischgängigkeit

Technischer Bericht zum Variantenstudium

26. März 2018

Hauptsitz

IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
Postfach
CH-3000 Bern 14
Tel. +41 31 357 11 11
Fax +41 31 357 11 12
info@iub-ag.ch
www.iub-ag.ch

Zweigniederlassungen

Altdorf

Hellgasse 23
CH-6460 Altdorf
Tel. +41 41 874 72 30

Fribourg

Route André Pillier 33 a
Case postale 70
CH-1762 Givisiez
Tel. +41 26 460 24 11

Luzern

Obergrundstrasse 50
CH-6003 Luzern
Tel. +41 41 444 27 40

Meiringen

Kirchgasse 22
Postfach
CH-3860 Meiringen
Tel. +41 33 972 12 00

Olten

Riggenbachstrasse 6
Postfach
CH-4601 Olten
Tel. +41 62 296 00 64

Zürich

Heinrichstrasse 147
CH-8005 Zürich
Tel. +41 44 533 17 30

Impressum

Auftraggeber

Eniwa AG
Industriestrasse 25
5033 Buchs AG

Projektleitung
Hansjürg Tschannen

Auftragnehmer

IUB Engineering AG Bern
Erstellt: 15.12.2017 / Luzia Meier
Geprüft: 15.12.2017 / Matthias Mende
Freigegeben: 15.12.2017 / Peter Billeter

Auflistung der Änderungen

Version	Datum	Änderungen	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
V0.1	15.12.2017	Entwurf	lum	Me	Bil
V1	15.03.2018	Einarbeitung Rückmeldungen Bauherrschaft und Experte Axpo	lum	Me	
V2	26.03.2018		lum	Me	Bil

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Zielsetzung	5
2	Grundlagen	6
2.1	Neubau Kraftwerk Aarau	6
2.2	Randbedingungen	6
2.3	Hydrologische und hydraulische Grundlagen	7
2.4	Leitfischarten	7
3	Fischaufstiegshilfe	8
3.1	Lage von Ein- und Ausstieg	8
3.1.1	Einstiege	8
3.1.2	Ausstieg	9
3.2	Auswahl und Dimensionierung der Bauweisen	10
3.3	Wirkungskontrolle	10
3.4	Dotation der Leitströmung	12
3.5	Variantenstudium Linienführung	12
3.5.1	V1: Separate Vertikal-Schlitzpässe links und im Zwischenbereich	13
3.5.2	V2: Raugerinne-Beckenpass links mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich	13
3.5.3	V3: Vertikal-Schlitzpass links mit Faltung und Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich	14
3.5.4	V4: Vertikal-Schlitzpass links gestreckt mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich	15
3.5.5	V5: Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich mit Vertikal-Schlitzpassast zum linken Ufer	15
4	Variantenbewertung	16
4.1	Variantenbewertung aus gewässerökologischer / ethohydraulischer Sicht	16
4.2	Kostenschätzung	18
4.3	Kosten-Nutzen-Verhältnis	19
5	Fischabstiegshilfe	19
6	Schlussbetrachtung	19

Anhang

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bemessungswerte zur Dimensionierung Vertikal-Schlitzpass	10
Tabelle 2: Bewertungsmatrix Varianten FAH KW Aarau (Axp0, 2017)	17
Tabelle 3: Kostenschätzung Varianten FAH KW Aarau in [CHF]	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Disposition neues KW Aarau	6
Abbildung 2: Qualitative Abströmung der Turbinen auf der linken Flussseite ins Unterwasser	7
Abbildung 3: Optionen Einstiege für FAH	9
Abbildung 4: Optionen Ausstiege für FAH: 1. Priorität Oberwasser Zwischenbereich und 2. Priorität am linken Ufer	9
Abbildung 5: Einrichtung PIT-Tagging KW Rüchlig (links) und Fischzählbecken Mosellum Koblenz (rechts)	11
Abbildung 6: Prinzipskizze (Situation) eines Fischzählbeckens mit Kurzschliessen von zwei Vertikal-Schlitzpassbecken (Gebler 2010); Hinweis: in der Praxis hat es sich bewährt, mindestens 3 Becken kurzzuschliessen.	11
Abbildung 7: Lockstrompumpen (links) und Funktionsschema Lockstrompumpe nach Hassinger (2010) (rechts)	12
Abbildung 8: Linienführung Vertikal-Schlitzpass - Variante 1	13
Abbildung 9: Linienführung Vertikal-Schlitzpass und Raugerinne-Beckenpass – Variante 2	14
Abbildung 10: Linienführung Vertikal-Schlitzpass – Variante 3	14
Abbildung 11: Linienführung Vertikal-Schlitzpass – Variante 4	15
Abbildung 12: Linienführung Vertikal-Schlitzpass – Variante 5	15
Abbildung 13: Varianten Vergleich: Kosten-Nutzen-Verhältnis	19
Abbildung 14: Situation "Neues Flusskraftwerk Aarau" mit FAH Variante 5 - Planungsstand Januar 2018	20
Abbildung 15: Pegel-Abflussbeziehung OW-Kanal oberhalb der Zentrale in Aarau (aus Technischer Bericht: Erneuerung Kraftwerk Aarau (2013), S. 114)	22
Abbildung 16: Pegel-Abflussbeziehung KW Rüchlig (aus Technischer Bericht: Erneuerung Kraftwerk Aarau (2013), S. 115)	22

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Das im Herbst 2013 aufgelegte Erneuerungsprojekt des Wasserkraftwerks Aarau ist seit 2016 rechtsgültig bewilligt. Seit der Auflage im Jahr 2013 haben sich aber der Strommarkt und die Währungssituation (Wechselkurs Euro - Schweizer Franken) stark verändert. Weiter hat sich im Auflage- und Einspracheverfahren gezeigt, dass sich der Erhalt der Zentrale 1 mit einem Retrofit der vier kleinen Kaplan-turbinen per 2035 wegen der damit verbundenen hohen Fischmortalität als "Hypothek" erweisen könnte. Eine neue Konzession kann Anpassungen der Zentrale 1 und Massnahmen zur Gewährleistung des Fischabstiegs verlangen.

Die IBAarau (seit 1. Januar 2018 „Eniwa AG“ genannt) hat deshalb bereits im Frühjahr 2016 eine Überprüfung und allfällige Optimierung des Anlagenkonzepts angestossen. Im November 2016 wurde die IG KW Aarau beauftragt, die Lösung "neues Flusskraftwerk" auf Niveau Bau- und Auflageprojekt auszuarbeiten.

Das Kraftwerk Aarau ist nach den Bestimmungen des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) hinsichtlich Fischwanderung (Art. 9 und 10 BGF) zu sanieren. Für die Sanierung der Fischwanderung gilt gemäss GSchG eine Frist bis ins Jahr 2030. Die Kosten für Planung, Realisierung und Wirkungskontrolle werden der Konzessionärin gestützt auf Art. 34 des Energiegesetzes (EnG) vom 26. Juni 1998 durch den nationalen Netzzuschlagsfonds vollständig rückerstattet.

Bezüglich der Fischwanderung wurden vom Kanton Aargau die folgenden Punkte nach GSchG Art. 10 verfügt (Sanierungsverfügung Kanton Aargau vom 16. August 2017):

- Fischaufstieg: Sanierung
 - Aufwärtswanderung ist im Rahmen der Planung des Optimierungsprojekts 2017 der IBA sicherzustellen
 - Mehrere Aufstiegsmöglichkeiten prüfen
 - Bedeutendste FAH bei der grössten Leitströmung planen
 - Rechtsseitiger Fischpass: Sanieren, optimieren oder ersetzen
 - Prüfung Aufstieg am Mittelpfeiler (Zwischenbereich)
 - Studie: Kosten und Nutzen, Wirkungskontrolle, Bestvariante
 - Berücksichtigung einer späteren Sanierung des Fischabstiegs
- Fischabstieg: frühestens ab 2022
 - Noch keine praxistauglichen Lösungen (bisher nur Pilotanlagen)

Die IBAarau hat die IUB Engineering AG beauftragt, eine Variantenstudie für die Sanierung Fischgängigkeit gemäss revidiertem Gewässerschutzgesetz zu erstellen. Im Rahmen der Variantenstudie ist eine Bestvariante festzulegen.

2 Grundlagen

2.1 Neubau Kraftwerk Aarau

Der Neubau des Kraftwerks beinhaltet drei Kaplan-Rohrturbinen. Der Maschinenblock wird auf der linken Flussseite und die Hochwasser- sowie Schwallentlastung auf der rechten Flussseite angeordnet (Abbildung 1). Zwischen diesen beiden Elementen entsteht in der Verlängerung der ehemaligen Mittelinsel ein Zwischenbereich. Der Ausbauabfluss beträgt $400 \text{ m}^3/\text{s}$ und das Stauziel liegt bei 370.60 m ü.M.

Der Maschinenblock besteht aus drei Turbinen, die Hochwasser- und Schwallentlastung aus zwei Wehrfeldern. Unterstrom der verbleibenden Mittelinsel wird keine Durchströmung zwischen dem Zulauf zu den Turbinen und der Hochwasser- / Schwallentlastung stattfinden.

Das Design des Kraftwerks wird im Rahmen des Bauprojekts weiter optimiert.

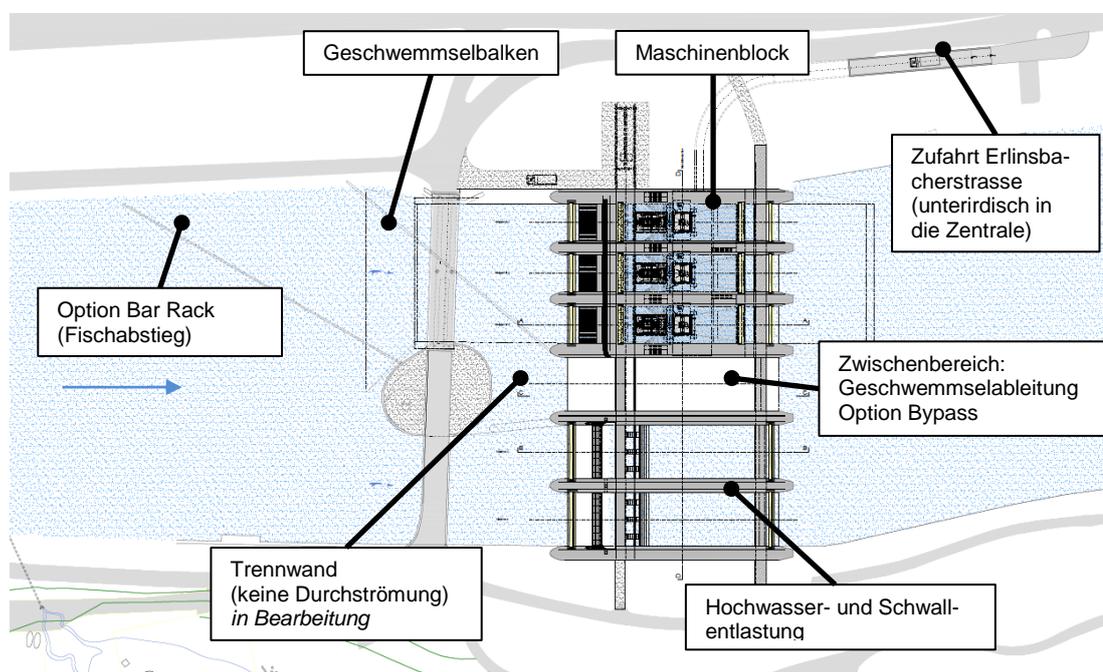


Abbildung 1: Disposition neues KW Aarau

2.2 Randbedingungen

Die Fischaufstiegshilfe (FAH) des KW Aarau muss verschiedene Anforderungen erfüllen. Da es sich um einen Kraftwerksneubau handelt, kann die FAH optimal ins Kraftwerk integriert werden. Dennoch sind einige Randbedingungen zu berücksichtigen.

- Das linke Ufer ist sehr steil, die Platzverhältnisse sind beengt.
- Die Zufahrt zum Kraftwerk erfolgt über die Erlinsbacherstrasse.
- Die Option einer Fischabstiegshilfe in Form eines Bar Racks muss weiterhin bestehen und darf den Aufstieg nicht beeinträchtigen.
- Wehrüberfall tritt nur bei Extremhochwasser oder betrieblich bedingten Abflussschwankungen (Ausfall des Kraftwerks) auf. Es wird angenommen, dass dies an < 1 Tag/Jahr der Fall ist.
- Im Zwischenbereich ist die Geschwemmselektroden anzuordnen.

2.3 Hydrologische und hydraulische Grundlagen

Die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit einer FAH ist an mindestens 300 Tagen im Jahr zu gewährleisten, in der Regel von Q_{30} bis Q_{330} (DWA 2014).

Gemäss der Pegel-Abflussbeziehung (Anhang: Abbildung 15) schwankt der Wasserspiegel je nach Durchfluss im OW-Kanal zwischen 370.25 m ü.M. und dem Stauziel von 370.60 m ü.M. Der Unterwasserstand ist vom Aareabfluss und vom KW Rüchlig abhängig (Anhang: Abbildung 16). Beim Abfluss Q_{330} liegt der Unterwasserspiegel bei 363.40 m ü.M., bei Q_{30} bei 364.86 m ü.M. Daraus ergibt sich die massgebende Wasserspiegeldifferenz von $370.60 - 363.40$ m ü.M. = 7.2 m (entspricht der maximalen Wasserspiegeldifferenz) und eine minimale relevante Wasserspiegeldifferenz von $370.25 - 364.86$ m ü.M. = 5.39 m (bei Q_{30}). Der für die Dimensionierung der FAH massgebende Höhenunterschied beträgt 7.2 m.

Der Maschinenblock des neuen Kraftwerks ist linksufrig angeordnet. Die Turbinenabströmung wird damit von der Flussmitte (heutiger Zustand) auf die linke Flussseite verlagert. Auf der rechten Flussseite sind die Hochwasser- und Schwallentlastung vorgesehen. Der Wehrüberfall wird nur sehr selten stattfinden (Kapitel 2.2). Dadurch sind die Strömungsverhältnisse im Unterwasser ganzjährig durch die Turbinenabströmung bestimmt. Abbildung 2 zeigt die qualitative Turbinenabströmung.

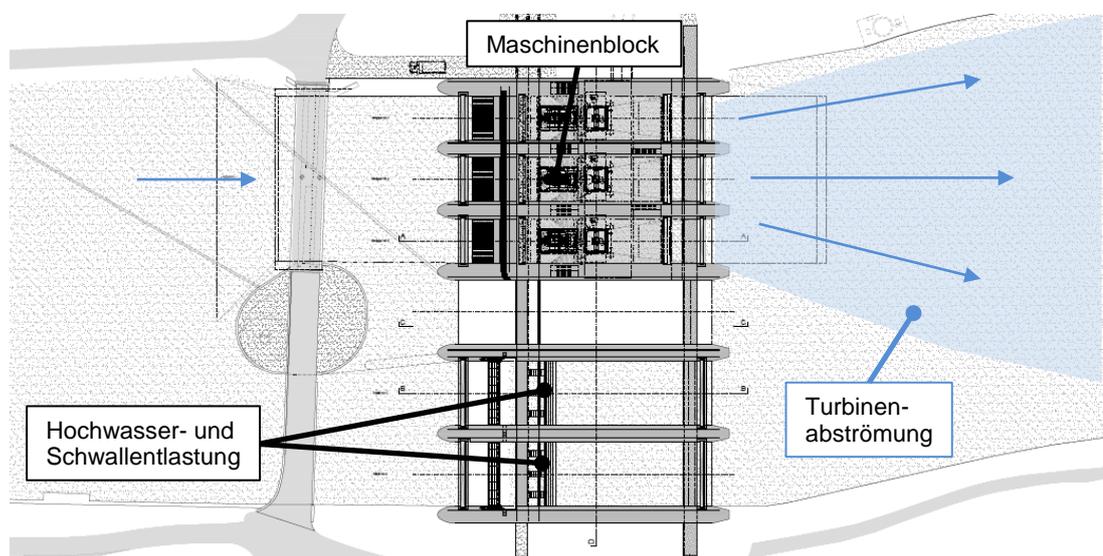


Abbildung 2: Qualitative Abströmung der Turbinen auf der linken Flussseite ins Unterwasser

2.4 Leitfischarten

Die Aare liegt im Bereich des Kraftwerks Aarau in der Barbenregion. Gemäss dem Positionspapier zur interkantonalen Aareplanung (2014) nach GSChG/GSchV "Fischwanderhilfen bei Aarekraftwerken" sind die FAH unterstrom des Bielersees und damit auch in Aarau auf den Lachs und die Barbe auszulegen.

3 Fischaufstiegshilfe

3.1 Lage von Ein- und Ausstieg

3.1.1 Einstiege

Die Auffindbarkeit und Erreichbarkeit des Einstiegs (Auslauf ins Unterwasser) sind für die optimale Funktionsfähigkeit einer FAH von zentraler Bedeutung. Die Lage des Einstiegs muss gemäss DWA 2014 am Fusse des Wanderhindernisses angeordnet werden. Dies gilt insbesondere für kleinere Kraftwerke, wo alle Fische bis zum eigentlichen Wanderhindernis schwimmen können. Bei grossen Kraftwerken wie an der Aare ab Auslauf Thunersee ist die übergeordnete Strömungssituation zu betrachten. Je nach Strömung und Turbulenz gilt hier die Devise „möglichst nah, aber noch für alle Fische erreichbar“. Im Weiteren sollen die Einstiege den unterschiedlichen Anforderungen der Fischarten, wie beispielsweise rheophile oder bodennahe Arten, gerecht werden. Dies bedingt, dass mit nur einem Einstieg nicht allen Bedürfnissen aller Fischarten gerecht werden kann, weshalb im Einzelfall auch mehrere Einstiege zu prüfen sind.

Im Rahmen des Variantenstudiums Fischgängigkeit wurden unter Berücksichtigung der Turbinenabströmung und der Lage des Kraftwerks fünf Einstiegsmöglichkeiten (Abbildung 3) untersucht. Die Einstiege wurden aufgrund ihrer erwarteten Auffindbarkeit (Attraktion) und Erreichbarkeit von 1 bis 5 priorisiert (Abbildung 3).

1. Linkes Ufer direkt nach dem Pfeiler des Kraftwerks
2. Rechter Pfeiler (Zwischenbereich) vom rechten Maschinenblock in der Abströmung
3. Linkes Ufer im Strömungsschatten der Leitwand
4. Aufstiegs- oder Sammelgalerie (engl. collection gallery) quer über die Turbinenausläufe
5. Rechtes Ufer

Der Einstieg Priorität 1 liegt unmittelbar am Fusse des Wanderhindernisses und dient vor allem schwimmstarken Fischen, die entlang des linken Ufers wandern. Die genaue Lage ist im Rahmen des Bauprojekts zu bestimmen. Insbesondere ist zu vermeiden, dass der Einstieg in der starken Turbulenz des Turbinenabstroms liegt. Für schwimmschwache Fische soll mit einer Leitwand,– die einen strömungsberuhigten turbulenzarmen Korridor entlang des linken Ufers erzeugt,– eine zusätzliche Aufstiegsmöglichkeit geschaffen werden (Priorität 3). Der strömungsberuhigte Korridor führt die Fische direkt zum Einstieg der Priorität 1, ohne dass sie hochturbulente Bereiche oder Zonen mit hohen Fließgeschwindigkeiten passieren müssen.

Aufstiegsgalerien (Priorität 4) werden insbesondere bei breiten Kraftwerken gebaut (DWA 2014). Die Aufstiegsgalerie besitzt mehrere Einstiege, d.h. der limitierte Dotationsabfluss muss auf diese Einstiege verteilt werden. Somit sind die Leitströmung jedes einzelnen Einstiegs und damit auch seine Attraktion gering. Darüber hinaus besitzen die Einstiege keine Sohlenanbindung und wirken daher selektiv. Die Einstiege der Priorität 4 werden daher an dieser Stelle verworfen.

Die qualitative Darstellung der Turbinenabströmung (Abbildung 2) zeigt, dass ein Einstieg der Priorität 5 am rechten Ufer abgesehen von den wenigen Stunden pro Jahr mit Wehrüberfall in einer weit von der Hauptströmung entfernten Stillwasserzone liegt. Er ist damit für Fische kaum auffindbar und wird aus diesem Grund verworfen. Wandernde Fische, die dem rechten Ufer folgen, werden voraussichtlich mehrheitlich der Abströmung des Kraftwerks zum Zwischenbereich (Priorität 2) folgen.

Im Variantenstudium werden somit die Einstiege mit den Prioritäten 1 und 2 sowie 3 weiterverfolgt.

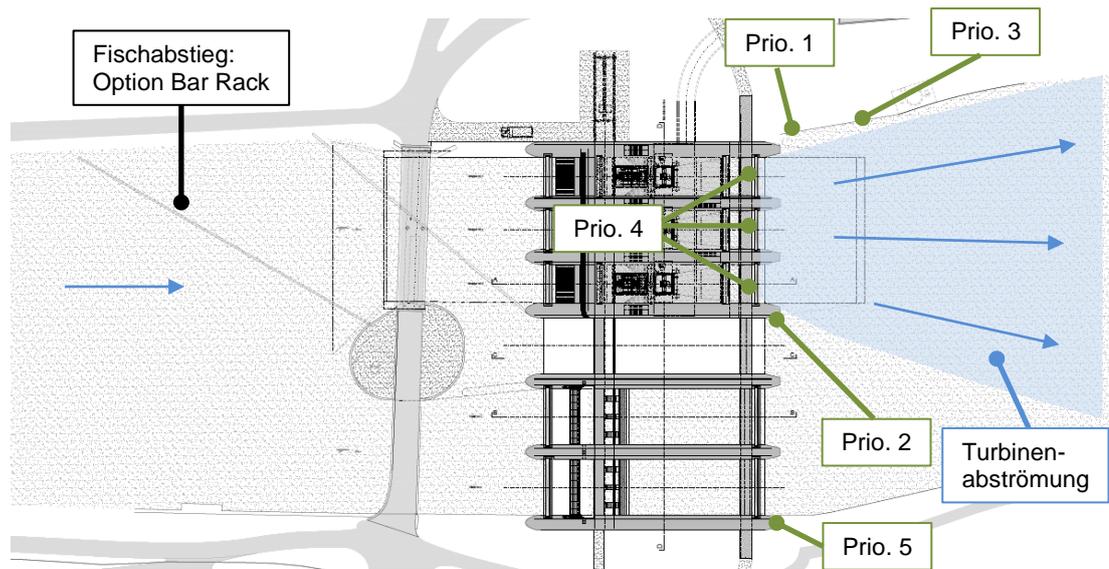


Abbildung 3: Optionen Einstiege für FAH

3.1.2 Ausstieg

Der bzw. die Ausstiege (Abbildung 4) können je nach Linienführung der FAH oberstrom des Zwischenbereichs und / oder am linken Ufer angeordnet werden. Die Option einer Fischaufstiegshilfe in Form eines Bar Racks mit Bypass muss auch nach dem Bau einer FAH realisierbar bleiben, d.h. der FAH-Ausstieg (Priorität 2) müsste oberstrom eines potentiellen Bar Racks liegen. Die zeitnahe Realisierung eines Bar Rack-Systems wird jedoch als unwahrscheinlich eingestuft, weshalb der Ausstieg Priorität 2 zumindest vorerst unterstrom des potentiellen Bar Racks angeordnet wird. Dies ist für die Funktionsfähigkeit und den Unterhalt der Fischaufstiegshilfe von Vorteil (einheitliche Hydraulik vom Einstieg bis zum Ausstieg, d.h. durchgehend Becken). Daher wäre die Fischaufstiegshilfe am linken Ufer im Falle einer späteren Realisierung des Bar Rack-Systems mit einem am geplanten Ausstieg anschließenden Gerinne bis oberstrom des Bar Racks zu verlängern. Diese Anpassung wäre mit hohen Kosten und brächte möglicherweise Nachteile hinsichtlich Unterhalt und Passierbarkeit der Fischaufstiegshilfe (Umkehren von Fischen im strömungsarmen Zulaufbereich) mit sich. Zudem wären Konflikte bezüglich Platzverhältnisse, Infrastruktur und Brückenpfeiler zu lösen.

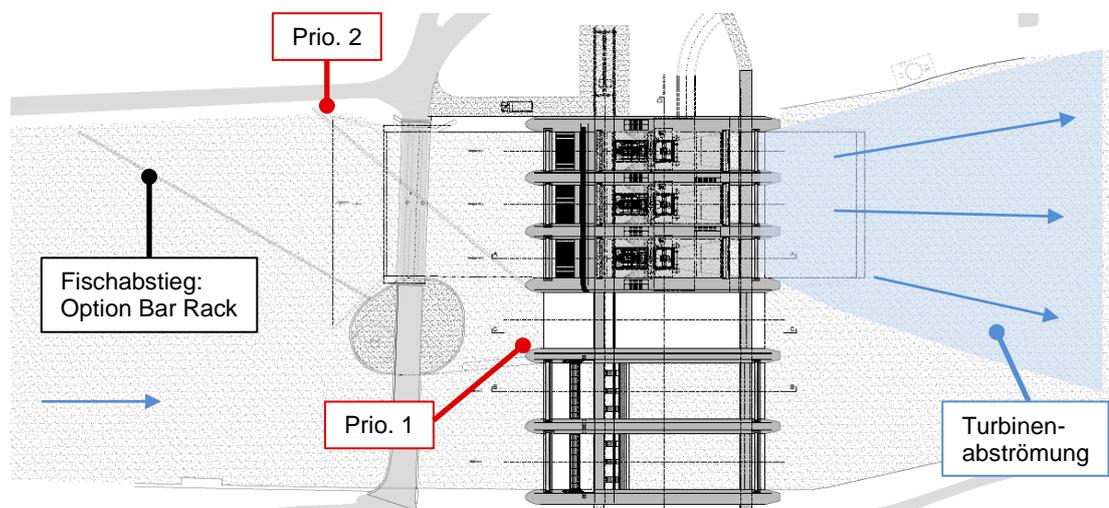


Abbildung 4: Optionen Ausstiege für FAH: 1. Priorität Oberwasser Zwischenbereich und 2. Priorität am linken Ufer

Im Rahmen des Variantenstudiums werden beide Ausstiege in Betracht gezogen. Der Ausstieg am linken Ufer (Priorität 2) wird im Variantenstudium unter Berücksichtigung des Konflikts mit der Option Bar Racks (Abstieg) miteinbezogen.

3.2 Auswahl und Dimensionierung der Bauweisen

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse kommt am KW Aarau nur eine technische Bauweise in Betracht. Dies kann entweder eine Beckenbauweise (z.B. Vertikal-Schlitzpass, Mäanderfischpass oder Raugerinne-Beckenpass) oder eine Sonderkonstruktion (z.B. Fischschleuse oder Fischlift) sein. Die folgenden Bauweisen wurden in einem ersten Schritt in Betracht gezogen:

- Vertikal-Schlitzpass
- Mäanderfischpass
- Raugerinne-Beckenpass
- Fischlift
- Fischschleuse
- Fischlifschleuse

In einer Grobtriage unter Einbeziehung der Bauherrschaft, der Planer und der Architekten gingen der Vertikal-Schlitzpass und der Raugerinne-Beckenpass als weiter zu untersuchende Varianten hervor. Der Vertikal-Schlitzpass ist die Standardbauweise der technischen FAH und gilt als etabliert. Aus gestalterischen Aspekten wurde die Variante mit einem Raugerinne-Beckenpass ebenfalls untersucht.

Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach DWA (2014) und der interkantonalen Aareplanung (2014) wurden die folgenden geometrischen und hydraulischen Grenzwerte bestimmt:

Tabelle 1: Bemessungswerte zur Dimensionierung Vertikal-Schlitzpass

Parameter		Bemessungswert	Leitfischart
Länge Becken (= min. 3 * Fischlänge)	l_b	≥ 3 m	Lachs
Breite Becken (= Länge * $\frac{3}{4}$)	b	≥ 2.25 m	Lachs
Max. WSP-Differenz	Δh	0.13 m	Barbenregion
Schlitzbreite Becken	s	0.35 m	Barbe / Lachs

Unter Berücksichtigung der Fallhöhe und der maximalen Wasserspiegeldifferenz werden für einen Vertikal-Schlitzpass 55 Becken mit 56 Trennwänden benötigt. Unter Einhaltung der Vorgaben für die Beckenlänge ergibt sich bei einer angenommenen Trennwanddicke von 0.15 m eine Mindestlänge von ca. 174 m (exkl. Verteil- und Wendebecken und Ein- / Auslaufbereich).

Beim Raugerinne-Beckenpass wurde eine Beckenlänge von 3.8 m und eine Breite der Riegel von 0.5 m angenommen. Die maximale Wasserspiegeldifferenz liegt wie beim Raugerinne-Beckenpass bei 0.13 m, womit ebenfalls 55 Becken resultieren. Dies führt zu einer minimalen Länge des Raugerinne-Beckenpasses von 237 m.

3.3 Wirkungskontrolle

Die Sanierungsverfügung beinhaltet sowohl den Bau der FAH als auch deren Wirkungskontrolle.

Für die Wirkungskontrolle der FAH ist bei allen Varianten ein Fischzählbecken (Abbildung 5, rechts) (bzw. zwei Fischzählbecken, falls zwei individuelle Anlagen an beiden Ufern in Frage kommen) sowie PIT-Tagging (Abbildung 5, links) vorgesehen.

Es ist angedacht, während eines ganzen Jahres die Fische zu zählen. Die Dauer der PIT-Tagging-Untersuchung wird auf 2 bis 2.5 Jahre geschätzt. Diese beginnt ein halbes Jahr vor den Fischzählungen im Zählbecken und dauert bis zu 1 Jahr über die Dauer der Fischzählungen hinaus.

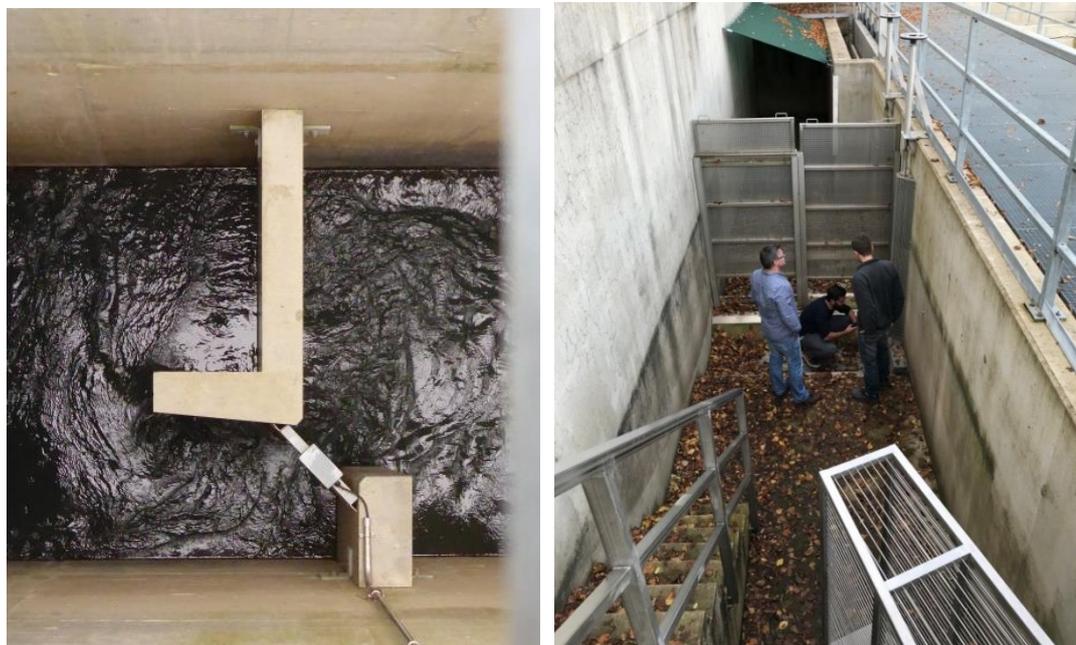


Abbildung 5: Einrichtung PIT-Tagging KW Rüchlig (links) und Fischzählbecken Mosellum Koblenz (rechts)

Das "klassische" Fischzählbecken überbrückt mindestens drei Vertikal-Schlitzpassbecken (je 13 cm), wodurch sich beim Einlaufquerschnitt eine Fallhöhe von ca. 40 cm ergibt (Abbildung 6). Diese kann nur von ausgesprochen schwimmstarken Fischen überwunden werden. Das Fischzählbecken wird direkt unterhalb des Ausstiegs angeordnet, damit die gesamte FAH auf ihre Funktionstüchtigkeit hin überprüft werden kann.

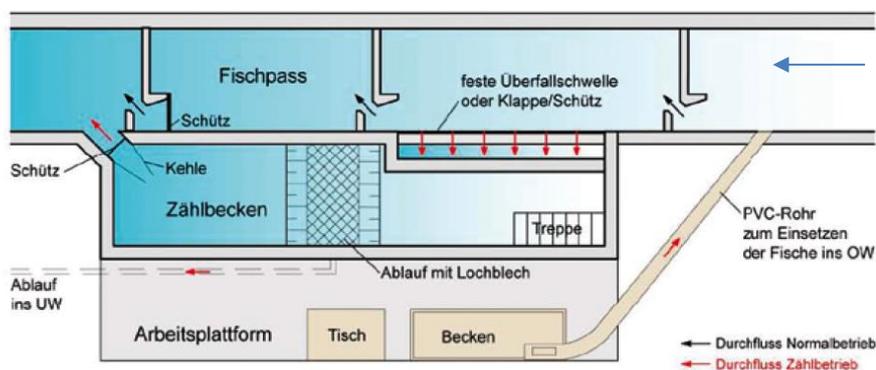


Abbildung 6: Prinzipskizze (Situation) eines Fischzählbeckens mit Kurzschliessen von zwei Vertikal-Schlitzpassbecken (Gebler 2010); Hinweis: in der Praxis hat es sich bewährt, mindestens 3 Becken kurzzuschliessen.

PIT-Tagging (Passive Integrated Transponder) ist eine passive telemetrische Methode zur elektronischen Markierung von Fischen, die im Rahmen des Monitorings von Fischwanderhilfen Anwendung findet. An den ausgewählten Standorten (Beispielsweise Schlitz beim Einstieg und vor der Zählkammer einer Aufstiegshilfe, Abbildung 5, links) werden Lesegeräte (sogenannte Reader) eingesetzt, die während des Monitorings die mit Transpondern besenderten Fische identifizieren.

Um zusätzliche Informationen für die Beurteilung der Funktionalität der FAH im Rahmen der Wirkungskontrolle zu gewinnen, soll die Fischzählung mit einer PIT-Tagging Studie ergänzt werden. Aus dieser Studie können zusätzliche Informationen zur Auffindbarkeit, zur Passierbarkeit, zur Funktion des Zählbeckens und zur Dauer des Aufstiegs gezogen werden.

3.4 Dotation der Leitströmung

Zur Verbesserung der Auffindbarkeit der Einstiege in den Fischpass ist eine Verstärkung der Leitströmung vorgesehen. Dies wird mittels einer zusätzlichen Dotation in das unterste Fischpassbecken (Einstiegsbecken) erreicht. Erfahrungen aus Frankreich zeigen, dass die Leitströmung ca. 10% des mittleren Niedrigwassers betragen sollten, was etwa 1 - 5% des Ausbauabflusses entspricht (Larinier 2002, zitiert in DWA (2014)). Gemäss BMLFUW (2012) können bei grossen Gewässern ($MQ > 50 \text{ m}^3/\text{s}$) bei optimaler Positionierung der FAH-Mündung von ca. 1% des Ausbauabflusses ausgegangen werden.

Der Ausbauabfluss des Kraftwerks beträgt $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Damit ergibt sich bei einer Dotation von 1% des Ausbauabflusses eine Gesamtdotation der FAH von $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Betriebsabfluss der FAH pro Einstieg beträgt ca. $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei zwei zu dotierenden Einstiegen (Einstieg Prio. 3 wird mit Teilen des Abflusses aus Einstieg Prio. 1 und der Turbinenabströmung dotiert, d.h. es erfolgt keine Zusatzdotation) sind somit insgesamt $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($4 - 2 \times 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$) in den Einstiegsbecken zuzugeben. Damit nicht das gesamte Wasser dem OW-Kanal entnommen werden muss und somit der Energieproduktion verloren geht, wird mittels sogenannter Lockstrompumpen (Abbildung 7) Wasser aus dem Turbinenunterwasser ins Einstiegsbecken gefördert. Das Verhältnis des Düsendurchflusses (OW-Kanal) zum ins Einstiegsbecken geförderten Dotationsabfluss liegt bei ca. 1:5. Um die Zusatzdotation in Abhängigkeit vom turbinieren Abfluss regulieren zu können sind mehrere Lockstrompumpen vorgesehen, die einzeln in Betrieb genommen werden können. Die Zusatzdotation liegt zwischen $1.16 \text{ m}^3/\text{s}$ (für Q_{300}) und $3.53 \text{ m}^3/\text{s}$ (für Q_{30}), sie beinhaltet somit gewisse Reserven, welche erst im Rahmen des Bauprojektes genau beziffert werden können.

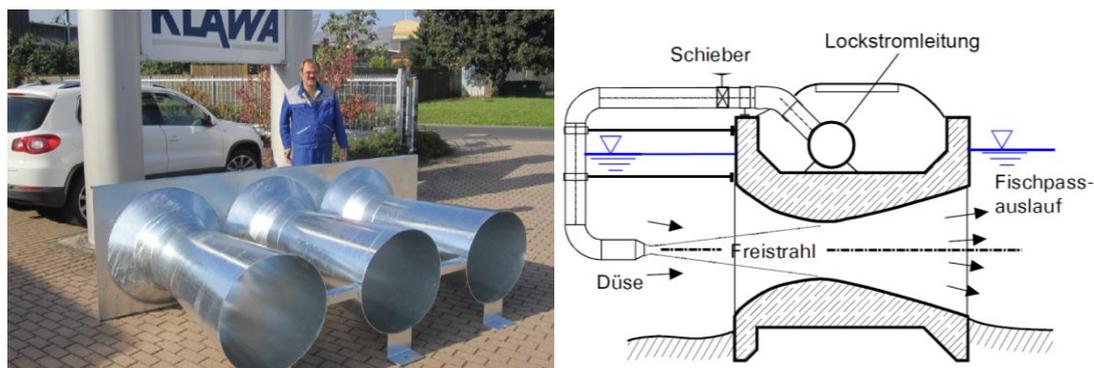


Abbildung 7: Lockstrompumpen (links) und Funktionsschema Lockstrompumpe nach Hassinger (2010) (rechts)

3.5 Variantenstudium Linienführung

Im Variantenstudium der Linienführung wurden vier Kombinationen von Schlitzpässen und eine Kombination mit einem Raugerinne-Beckenpass mit den definierten Ein- und Ausstiegsanordnungen (Kapitel 3.1) untersucht.

- V1: Separate Vertikal-Schlitzpässe links und im Zwischenbereich
- V2: Raugerinne-Beckenpass links mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich
- V3: Vertikal-Schlitzpass links mit Faltung und Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich
- V4: Vertikal-Schlitzpass links gestreckt mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich
- V5: Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich mit Vertikal-Schlitzpassast zum linken Ufer

Diese Varianten werden in den folgenden Kapiteln einzeln beschrieben.

3.5.1 V1: Separate Vertikal-Schlitzpässe links und im Zwischenbereich

Variante 1 (Abbildung 8) besteht aus zwei separaten Vertikal-Schlitzpässen am linken Ufer und im Zwischenbereich. Der Vertikal-Schlitzpass am linken Ufer besitzt Einstiege der Priorität 1 und 3, der im Zwischenbereich mit der Priorität 2. Jede FAH hat einen separaten Ausstieg (Priorität 1 und 2).

Der Vertikal-Schlitzpass am linken Ufer ist im unteren Bereich gefaltet, damit die Zufahrtsstrasse überquert werden kann. Der Ausstieg ist unterstrom eines potentiellen Bar Rack angeordnet, um ein Auslaufbereich ohne Becken zu vermeiden.

Der Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich kann mit zwei Wendungen mit einem konstanten Gefälle direkt ins Oberwasser geführt werden, d.h. der Schlitzpass besitzt vom Einstieg bis zum Ausstieg Becken und damit über die gesamte Länge sehr ähnliche hydraulische Verhältnisse.

Zwischen der verbleibenden Mittelsinsel und dem Zwischenbereich besteht eine Trennwand, damit die aufsteigenden Fische nicht direkt vor die Turbinen schwimmen können. Diese Massnahme ist bei allen Varianten vorgesehen (Kapitel 2.1).

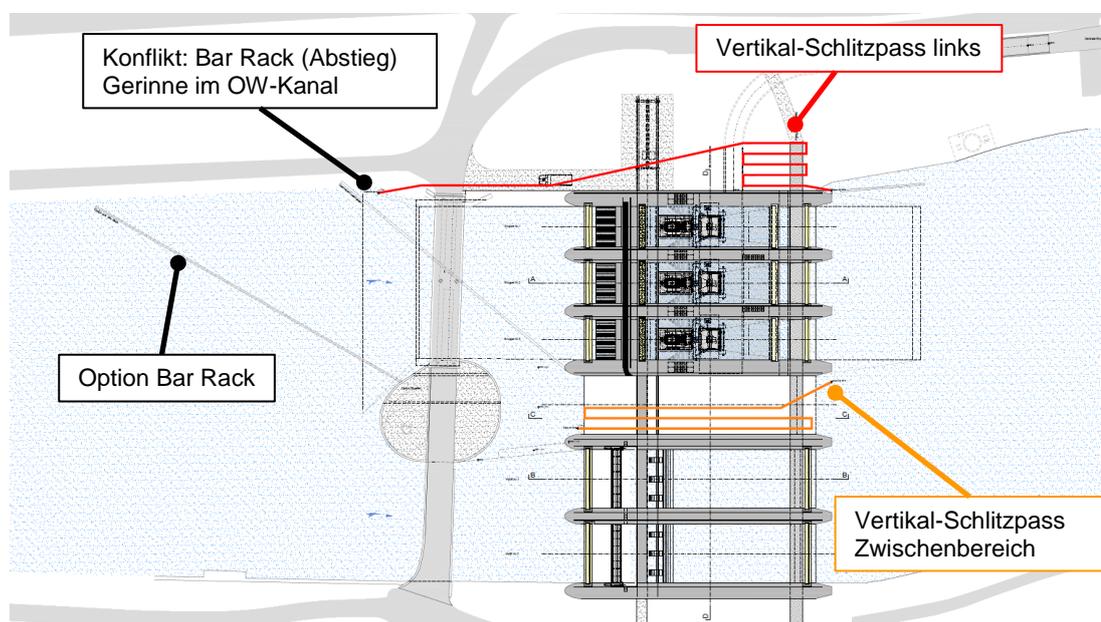


Abbildung 8: Linienführung Vertikal-Schlitzpass - Variante 1

3.5.2 V2: Raugerinne-Beckenpass links mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich

Variante 2 (Abbildung 9) ist eine Kombination aus einem Raugerinne-Beckenpass am linken Ufer und einem Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich. Der Vertikal-Schlitzpassast zweigt unterstrom der Zufahrtsstrasse an einem Verteilbecken vom Raugerinne-Beckenpass ab.

Beim Raugerinne-Beckenpass ist im unteren Bereich eine Wendung notwendig, um die Kote zur Überquerung der Zufahrtsstrasse zu erreichen. Im Abschnitt mit dem gefalteten Raugerinne-Beckenpass ist aus Stabilitätsgründen eine Stützmauer nötig. Der Vertikal-Schlitzpassast besitzt eine Wendung im Zwischenbereich, um das nötige Gefälle bis zur Verzweigung zum Raugerinne-Beckenpass überwinden zu können. Im Vertikal-Schlitzpass sind über die gesamte Strecke Becken vorgesehen.

Zitek et al. (2007) beobachtete bei FAH aus mehreren Bauweisen im Übergangsbereich von Kombinationsbauwerken häufig Beeinträchtigungen der Funktionalität.

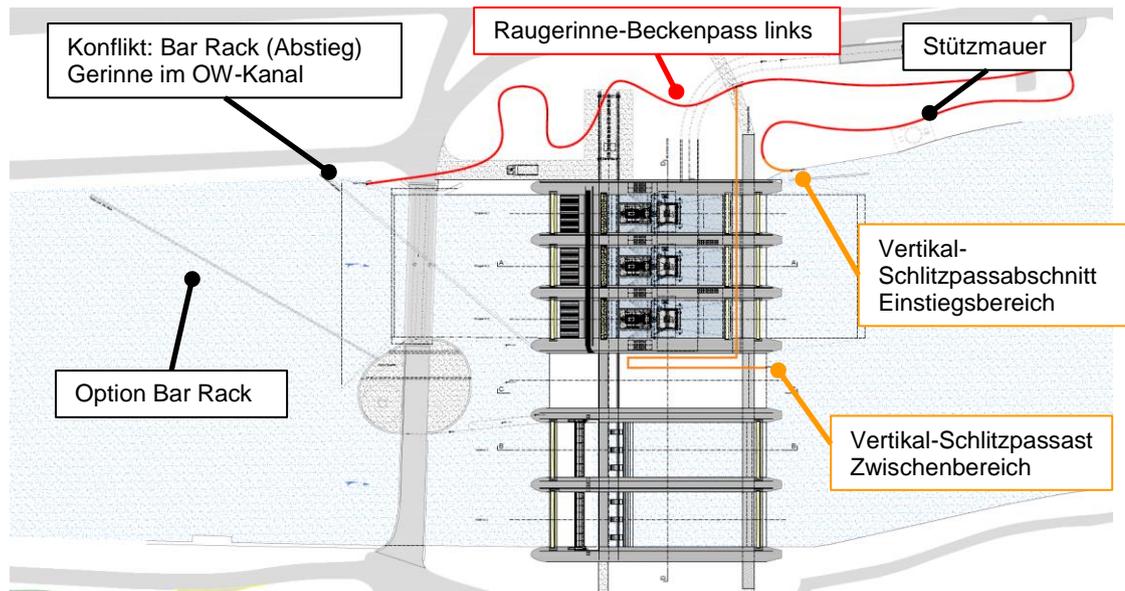


Abbildung 9: Linienführung Vertikal-Schlitzpass und Raugerinne-Beckenpass – Variante 2

3.5.3 V3: Vertikal-Schlitzpass links mit Faltung und Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich

Variante 3 besteht über die gesamte Strecke aus Vertikal-Schlitzpassbecken (Abbildung 10). Der Ausstieg befindet sich auf der linken Uferseite (2. Priorität) unterhalb eines möglichen Bar Rack-Systems (Kapitel 3.5.2). Die Verzweigung der beiden Vertikal-Schlitzpassäste erfolgt unterhalb der Zufahrt an einem Verteilbecken. Der Vertikal-Schlitzpass am linken Ufer ist gefaltet. Der Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich besitzt eine Faltung, um im Verteilbecken auf gleicher Kote wie der Vertikal-Schlitzpass von links zu münden.

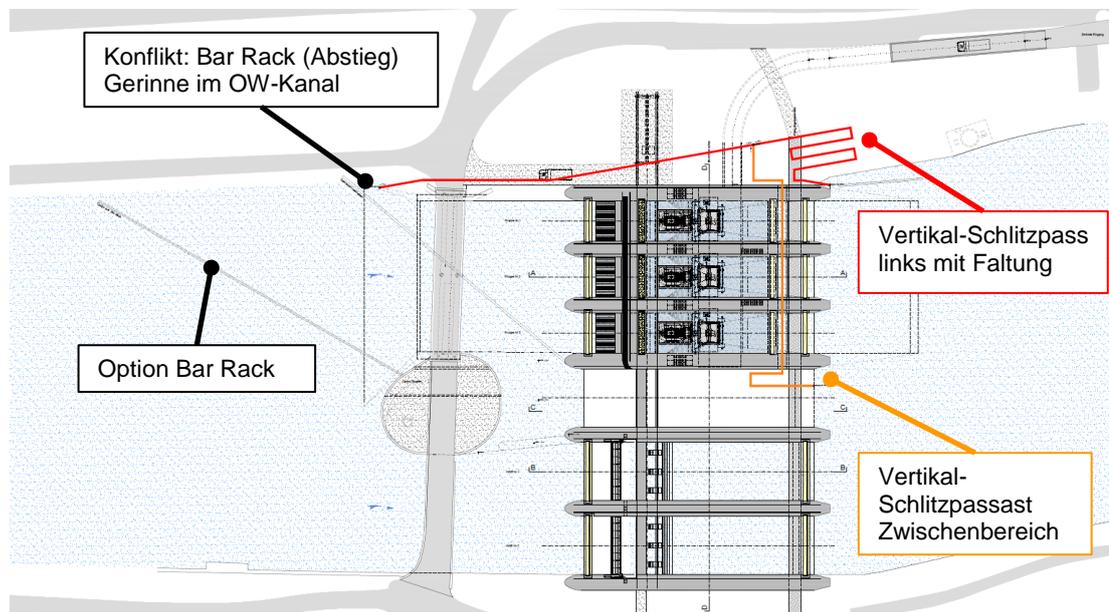


Abbildung 10: Linienführung Vertikal-Schlitzpass – Variante 3

3.5.4 V4: Vertikal-Schlitzpass links gestreckt mit Vertikal-Schlitzpassast zum Zwischenbereich

Die Linienführung am linken Ufer ist gestreckt und führt ohne Faltung direkt ins Oberwasser (Abbildung 11). Damit der Vertikal-Schlitzpassast vom Zwischenbereich ans Verteilbecken angeschlossen werden kann, verläuft dieser ohne Gefälle, d.h. ohne Becken oberhalb der Saugschläuche. Bei dieser Variante entstehen Konflikte beim gestreckten Vertikal-Schlitzpass linksufrig: Zufahrt bei der Erlinsbacherstrasse, Werkleitungen und Brückenpfeiler. In einer weiteren Bearbeitung müssten diese Konflikte gelöst werden.

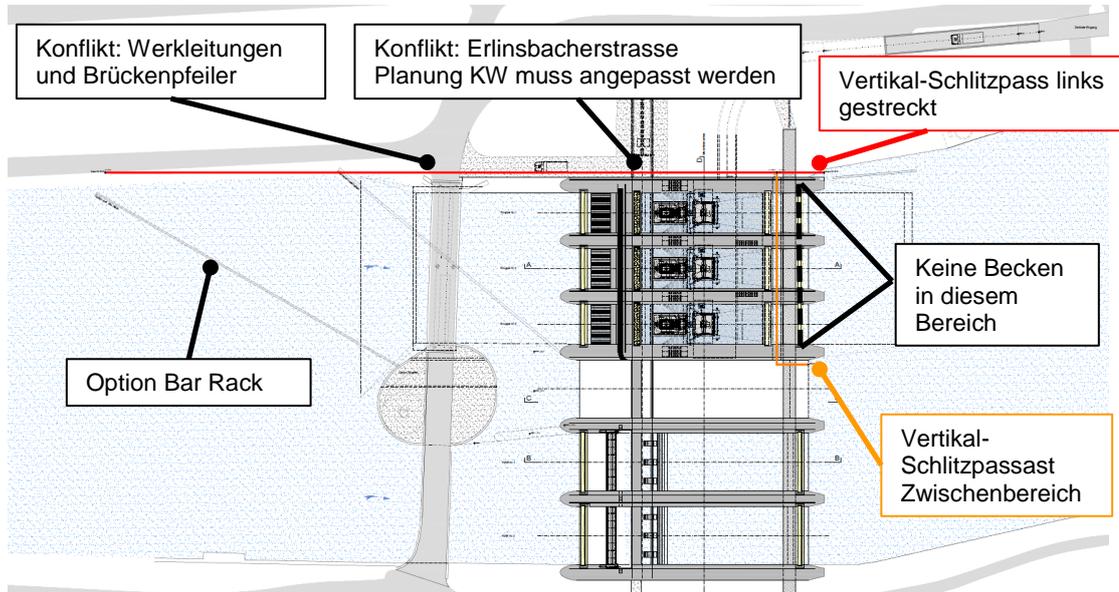


Abbildung 11: Linienführung Vertikal-Schlitzpass – Variante 4

3.5.5 V5: Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich mit Vertikal-Schlitzpassast zum linken Ufer

Der Ausstieg erfolgt bei dieser Variante (Abbildung 12) im Zwischenbereich (Prio. 1). Der Einstieg vom linken Ufer wird über Vertikal-Schlitzpassbecken mit einem kontinuierlichen Gefälle zum Zwischenbereich geleitet. Der Aufstieg im Zwischenbereich ist so gestaltet, dass möglichst wenig Wendebecken benötigt werden.

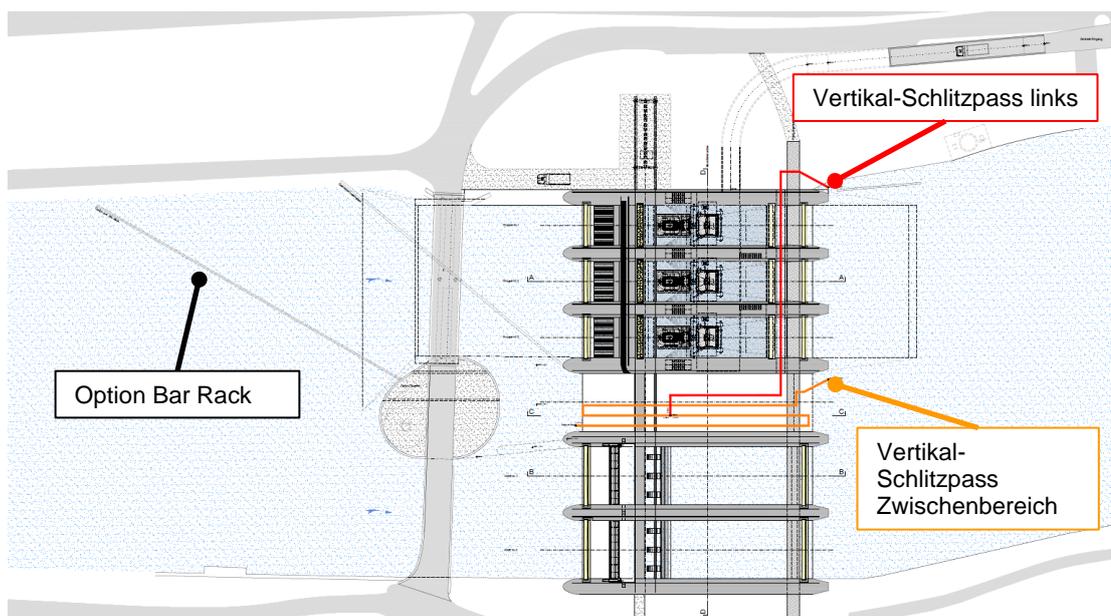


Abbildung 12: Linienführung Vertikal-Schlitzpass – Variante 5

4 Variantenbewertung

Für die Bewertung der Varianten wurden sowohl die Kosten als auch der Nutzen jeder Variante bestimmt bzw. berechnet. Um die Bestvariante zu ermitteln, wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis bestimmt. Für die fischbiologische Bewertung wurde die durch das Ressort Umwelt der Axpo Power AG entwickelte Bewertungsmatrix verwendet (Die Beschreibung der Bewertung inkl. der Kriterien findet sich im Anhang [Anhang: Mitteilung Axpo Power AG, 2017]).

4.1 Variantenbewertung aus gewässerökologischer / ethohydraulischer Sicht

Zur Beurteilung des Nutzens werden in der Bewertungsmatrix vier Kriteriengruppen unterschieden:

- A: Auffindbarkeit, Verfügbarkeit der FAH
- B: Durchgängigkeit, Fehleranfälligkeit der FAH
- C: Ausstieg und weiterer Aufstieg
- D: Betrieblicher Unterhalt

Die Kriteriengruppen bestehen aus unterschiedlichen Kriterien (Anhang: Mitteilung Axpo Power AG, 2017), welche für jede Variante von 1 (schlecht) bis 5 (gut) bepunktet wurden. Anschliessend wurde der Mittelwert jeder Kriteriengruppe ermittelt (Tabelle 2). Zur Bestimmung des Gesamtnutzens wurden die Kriteriengruppen gewichtet (A: 40%; B: 30%; C: 15%, D: 15%) und miteinander verrechnet.

Tabelle 2: Bewertungsmatrix Varianten FAH KW Aarau (Axp0, 2017)

		Gew.	Varianten				
			V1	V2	V3	V4	V5
GESAMTBEWERTUNG		1.0	4.29	3.85	4.30	4.31	4.68
A	Auffindbarkeit, Verfügbarkeit der FAH	0.4	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
A1	Platzierung und Anzahl der Einstiege		5	5	5	5	5
A2	Auffindbarkeit, Verfügbarkeit bei tiefen Abflüssen ohne Wehrüberfall		5	5	5	5	5
A3	Auffindbarkeit, Verfügbarkeit bei mittlerem Abfluss ohne Wehrüberfall		5	5	5	5	5
A4	Auffindbarkeit, Verfügbarkeit bei hohem Abfluss mit Wehrüberfall		5	5	5	5	5
B	Durchgängigkeit, Fehleranfälligkeit der FAH	0.3	4.33	3.33	4.33	4.22	4.33
B1	Fehleranfälligkeit der Anlage hinsichtlich Einhalten der Vorgaben zu Energiedissipation, Wasserspiegel, Schlitzbreite etc.		5	3	5	5	5
B2	Fehleranfälligkeit im Rahmen der baulichen Realisierung		5	3	5	5	5
B3	Verzweigungen, Wendungen in der Fischaufstiegshilfe		4	3	4	5	4
B4	Fehleranfälligkeit aufgrund Wechsel des Bautyps		5	2	5	3	5
B5	Prädation in der FAH durch Vögel		5	4	5	5	5
B6	Sicherstellung der Abflusstiefe		5	5	5	5	5
B7	Angebot von zusätzlichem Lebensraum		1	2	1	1	1
B8	Pegelschwankungen beim Ausstieg FAH		5	5	5	5	5
B9	Länge der FAH	4	3	4	4	4	
C	Ausstieg und weiterer Aufstieg	0.15	3.00	2.67	2.67	3.33	5.00
C1	Fliessverhältnisse beim Ausstieg		3	3	3	3	5
C2	Distanz zum Turbineneinlass/Rechen		3	3	3	4	5
C3	Weitere Hindernisse, Wanderkorridor Konzessionsgrenze		3	2	2	3	5
D	Betrieblicher Unterhalt	0.15	3.60	3.00	4.00	3.60	4.20
D1	Verlandung		4	3	4	2	4
D2	Geschwemmsel		3	3	4	4	5
D3	Regelmässigkeit und Intensität des Unterhalts		3	3	4	4	4
D4	Zugänglichkeit		5	3	5	5	5
D5	Technische Installationen		3	3	3	3	3

Aus der biologischen Bewertungsmatrix geht Variante V5 als Bestvariante hervor. Variante V2 schneidet am schlechtesten ab (Tabelle 2). Die anderen drei Varianten liegen sehr nahe beieinander im Mittelfeld.

Um die Auswirkung der Gewichtung der Kriteriengruppen zu untersuchen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Resultate zeigen, dass unabhängig von der Gewichtung immer die gleiche Variante den ersten bzw. den letzten Platz belegt.

4.2 Kostenschätzung

Für die Kostenschätzung wurden die direkten Baukosten (+/- 30%) jeder Variante (Tabelle 3) geschätzt. Da es sich um einen Kraftwerksneubau handelt, wurden die Wasserhaltung, aus Kraftwerkssicht relevante Bauteile und Produktionsverluste während der Bauzeit nicht in die Baukosten eingerechnet. Ebenso ist ein halbes Vertikal-Schlitzpassbecken (Fallhöhe 0.06 m) nicht in der Kostenschätzung enthalten, da dieses durch die Erhöhung des Stauziels zustande kommt und daher nicht über den nationalen Netzzuschlagsfonds entschädigt wird. Die Planung/Ingenieurleistungen wurden zu 12 % und die Baunebenkosten 5% der Baukosten angenommen. Die allgemeinen Kosten wurden auf 5'000 CHF/Jahr geschätzt bei einem Erstattungszeitraum von 40 Jahren. Die zusätzlichen Ertragseinbussen durch die Wasserverluste wurden für den Erstattungszeitraum von 40 Jahren bei einer mittleren Fallhöhe von 6.5 m (exklusive der Erhöhung des Stauziels von 0.06 m) mit 8 Rp./kWh überschlägig berechnet. Die Wasserverluste setzen sich wie folgt zusammen: Die erzeugte Dotation liegt bei 4 m³/s, wobei die effektiven Wasserverluste 2 m³/s betragen (2*0.5 m³/s aus den Fischpassästen und 1 m³/s für die Lockstrompumpen). Die heutige Dotation beträgt 0.9 m³/s, somit sind 1.1 m³/s entschädigungsfähig (mit der Annahme einer konstanten Dotation über die gesamte Betriebszeit). In die Kosten der Wirkungskontrolle wurden die Fischzählung und das PIT-Tagging eingerechnet. Die Unterhaltskosten wurden der Vollständigkeit halber aufgeführt, sind aber zum aktuellen Zeitpunkt nicht entschädigungsfähig und daher nicht in der Gesamtsumme enthalten. Sollte sich hier die gesetzliche Ausgangslage ändern, behält sich das Kraftwerk vor, diese Kosten nachträglich anzumelden.

Tabelle 3: Kostenschätzung Varianten FAH KW Aarau in [CHF]

Positionen in [CHF]	V1	V2	V3	V4	V5
Direkte Baukosten (exkl. 0.06 m)	4'095'000	4'562'000	4'114'000	4'930'000	3'121'000
Planung/Ing.leistungen (12 %)	491'000	547'000	494'000	592'000	375'000
Baunebenkosten (5%)	205'000	228'000	206'000	247'000	156'000
Allg. Kosten	200'000	200'000	200'000	200'000	200'000
Entschädigung Wasserverluste (Erstattungszeitraum 40 J.)	1'770'000	1'930'000	1'770'000	1'770'000	1'770'000
Wirkungskontrolle	400'000	350'000	350'000	350'000	350'000
Zwischentotal	7'161'000	7'817'000	7'134'000	8'089'000	5'972'000
MwSt. (7.7%)	551'000	602'000	549'000	623'000	460'000
Total inkl. MwSt.	7'712'000	8'419'000	7'683'000	8'712'000	6'432'000
<i>Unterhaltskosten</i>	<i>1'800'000</i>	<i>2'000'000</i>	<i>1'720'000</i>	<i>2'000'000</i>	<i>1'720'000</i>

4.3 Kosten-Nutzen-Verhältnis

Zur Bestimmung der Bestvariante wurden Kosten und Nutzen verglichen. Abbildung 13 stellt die Gesamtkosten dem Gesamtnutzen der Varianten gegenüber. Variante 5 schneidet sowohl hinsichtlich des Nutzens als auch der Kosten am besten ab und ist klar die Bestvariante. Es wird daher empfohlen, Variante 5 weiterzuverfolgen.

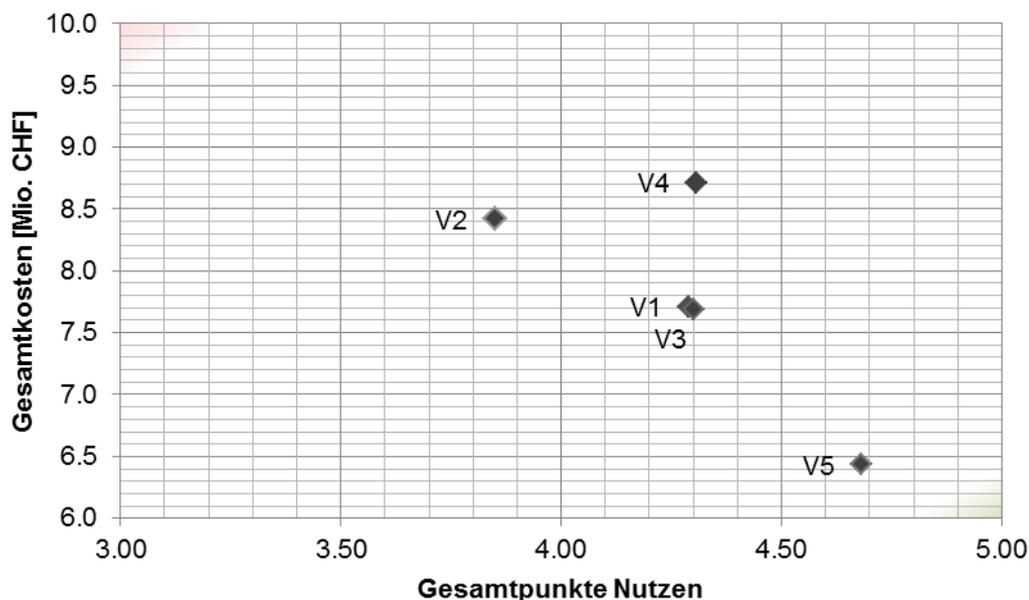


Abbildung 13: Varianten Vergleich: Kosten-Nutzen-Verhältnis

5 Fischabstiegshilfe

Am KW Aarau sind fischschonende Turbinen vorgesehen (Minimal Gap Runner o.ä.). Da ihre Wirksamkeit hinsichtlich des Fischabstiegs noch nicht gänzlich geklärt ist, muss das Kraftwerk so konzipiert werden, dass der nachträgliche Bau eines Bar Rack-Systems mit Bypass grundsätzlich möglich bleibt. Dies wird so im neuen Design berücksichtigt. Das Thema Fischabstieg wird in einem separaten Bericht behandelt.

6 Schlussbetrachtung

Im Rahmen des Variantenstudiums zur Fischwanderung bei der Zentrale des neuen KW Aarau wurden fünf Varianten von FAH-Linienführungen entwickelt. Als Bauweisen wurden der Vertikal-Schlitzpass und der Raugerinne-Beckenpass in Betracht gezogen. Alle Varianten haben aufgrund der Breite der Aare von deutlich über 60 m drei Einstiege: Am linken Ufer direkt am Saugschlauchende, linkes Ufer im Strömungsschatten und im Zwischenbereich. Der Ausstieg liegt am linken Ufer und/oder im Zwischenbereich. Für die Variantenbewertung wurden der gewässerökologische und ethohydraulische Nutzen und die Kosten (Genauigkeit von +/- 30%) miteinander verglichen. Sowohl im Vergleich des Nutzens als auch der Kosten schneidet die Variante 5 - Vertikal-Schlitzpass im Zwischenbereich mit Vertikal-Schlitzpassast zum linken Ufer am besten ab.

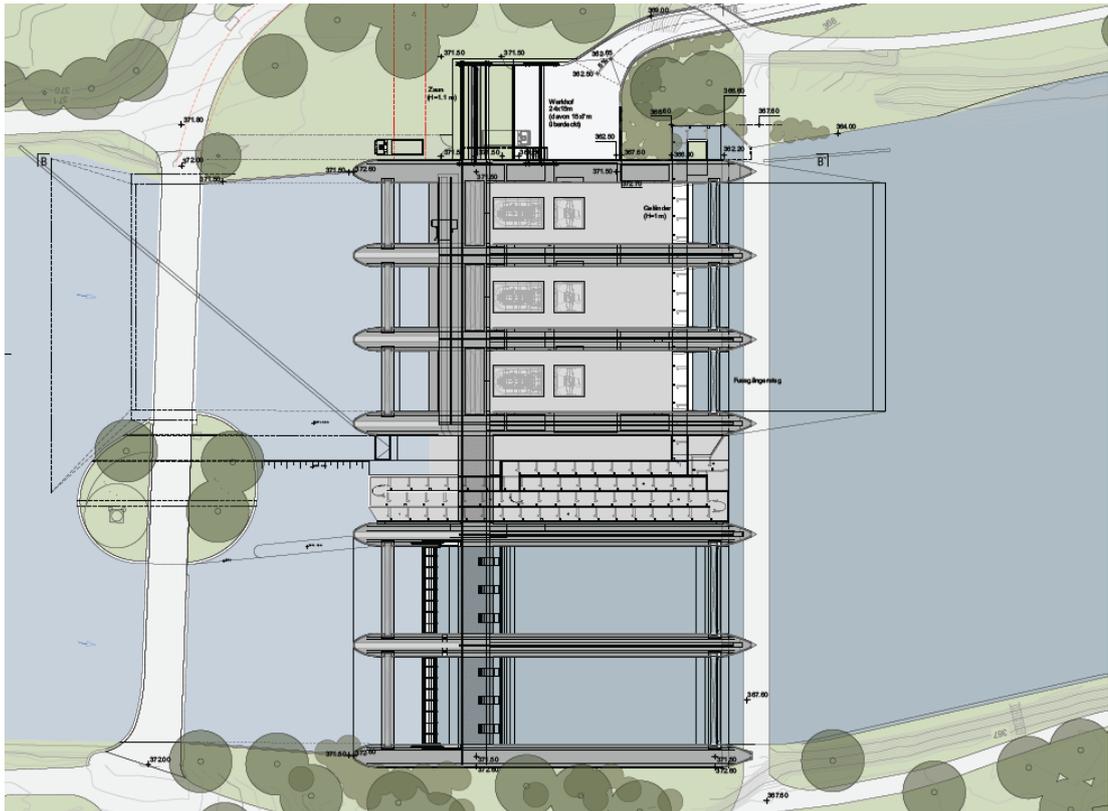


Abbildung 14: Situation "Neues Flusskraftwerk Aarau" mit FAH Variante 5 - Planungsstand Januar 2018

Daher wird empfohlen, Variante 5 weiterzuverfolgen (Abbildung 14). Es kann mit grosser Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die gewählte Variante voll funktionstüchtig ist und damit dem gesamten Artenspektrum und allen Grössenklassen einen zügigen und sicheren Aufstieg ermöglicht.

Bern, März 2018
IUB Engineering AG

Literaturverzeichnis

Axpo Power AG (2017): Planung von Fischaufstiegshilfen, Kriterien und Auswertung für die Bewertung des Nutzens.

BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.

Gebler, R.-J. (2010): Zählbecken - eine Fisch schonende Methode zur Funktionskontrolle von Fischwegen. Wasserwirtschaft, Nr. 3, S. 26-29.

Hassinger, Dr.-Ing R. (2010): Lockstrompumpe und Feinrechen: Neue technische Entwicklungen für verbesserten Fischschutz und Fischaufstieg. Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universität Kassel.

Interkantonale Aareplanung (2014): Fischwanderhilfen bei Aarekraftwerken. Einheitliche Grundsätze der Kantone AG-BE-SO. Strategische Planung Sanierung Fischgängigkeit. Version 1.1 / 15.08.2014.

Kanton Aargau (2017): Sanierungsverfügung. Protokoll des Regierungsrats vom 16. August 2017. Regierungsratsbeschluss Nr. 2017-000863.

Zitek, A., Haidvogel, G., Jungwirth, M., Pavals, P. und Schmutz, S. (2007): Ein ökologisch-strategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Fischfauna in Österreich. AP5 des MIRR-Projektes, Endbericht. Studie im Auftrag von Lebensministerium und Land Niederösterreich. 138.

Anhang

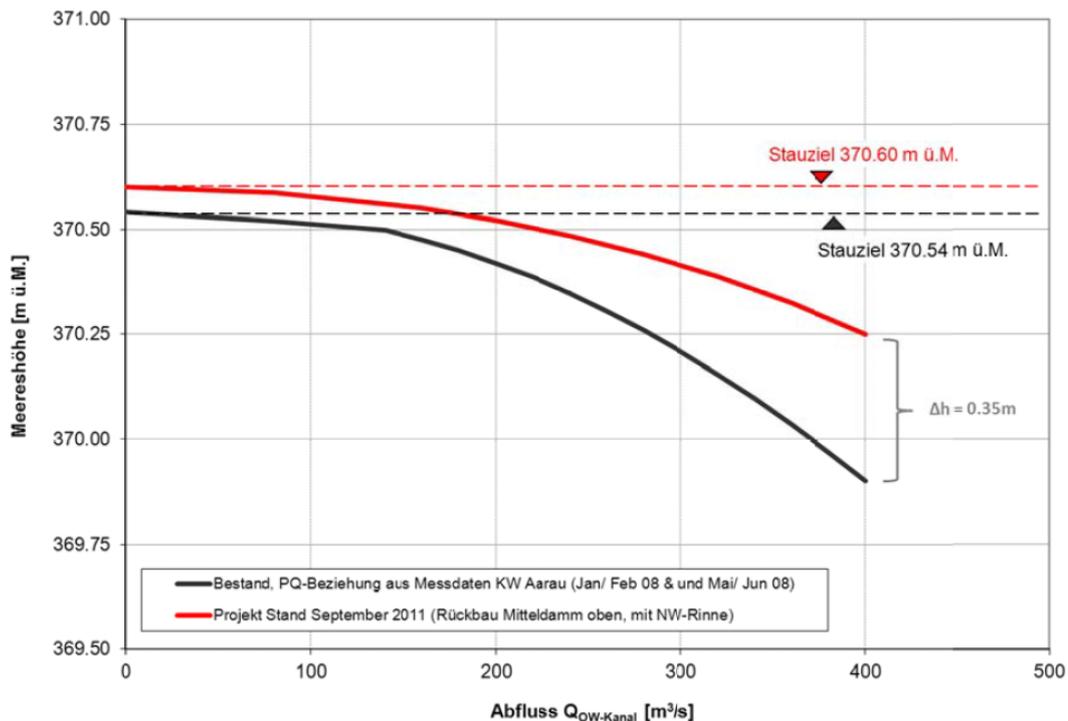


Abbildung 15: Pegel-Abflussbeziehung OW-Kanal oberhalb der Zentrale in Aarau (aus Technischer Bericht: Erneuerung Kraftwerk Aarau (2013), S. 114)

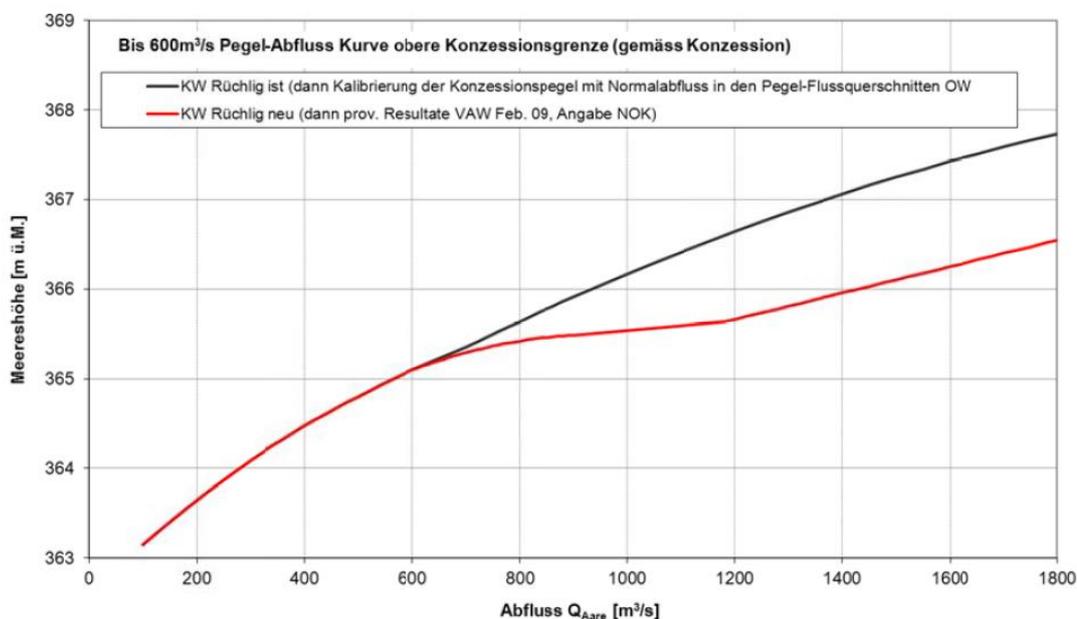


Abbildung 16: Pegel-Abflussbeziehung KW Rüchlig (aus Technischer Bericht: Erneuerung Kraftwerk Aarau (2013), S. 115)

Mitteilung

Thema **Planung von Fischaufstiegshilfen
Kriterien und Auswertung für die Bewertung des Nutzens**

Von Ueli Rickenbacher, HTW-U | Manuel Blum, HTW-U

Datum 9. Oktober 2017

Ref.-Nr.

An HTW-U | HTW-G

Zur Kenntnis an

Inhaltsverzeichnis

1	Kriteriengruppen und Kriterien für die Bewertung des Nutzens	2
1.1	A – Auffindbarkeit, Verfügbarkeit der FAH	3
1.2	B – Durchgängigkeit, Fehleranfälligkeit der FAH	3
1.3	C – Ausstieg und weiterer Aufstieg	5
1.4	D – Betrieblicher Unterhalt.....	5
2	Auswertung der Bemessungskriterien.....	7
2.1	Auswertung Nutzen	7
2.2	Kosten-Nutzen-Vergleich.....	8

Planung von Fischaufstiegshilfen

Kriterien und Auswertung für die Bewertung des Nutzens

1 Kriteriengruppen und Kriterien für die Bewertung des Nutzens

Für die Bewertung des Nutzens einer FAH werden die in der folgenden Tabelle gezeigten Kriteriengruppen und Kriterien definiert. Die einzelnen Kriterien werden anschliessend an die Tabelle beschrieben.

	Kriteriengruppen	Kriterien
A	Auffindbarkeit, Verfügbarkeit der FAH	1 Platzierung und Anzahl der Einstiege 2 Auffindbarkeit, Verfügbarkeit bei tiefen Abflüssen ohne Wehrüberfall 3 Auffindbarkeit, Verfügbarkeit bei mittlerem Abfluss ohne Wehrüberfall 4 Auffindbarkeit, Verfügbarkeit bei hohem Abfluss mit Wehrüberfall
B	Durchgängigkeit, Fehleranfälligkeit der FAH	1 Fehleranfälligkeit der Anlage hinsichtlich Einhalten der Vorgaben zu Energiedissipation, Wasserspiegel, Schlitzbreite etc. 5 Fehleranfälligkeit im Rahmen der baulichen Realisierung 6 Verzweigungen, Wendungen in der FAH 7 Fehleranfälligkeit aufgrund Wechsel des Bautyps innerhalb der FAH 8 Prädation in der FAH durch Vögel 9 Sicherstellung der Abflusstiefe 10 Angebot von zusätzlichem Lebensraum 11 Pegelschwankungen beim Ausstieg der FAH 12 Länge der FAH
C	Ausstieg und weiterer Aufstieg	1 Fliessverhältnisse beim Ausstieg 2 Distanz zum Turbineneinlass/Rechen 3 Weitere Hindernisse, Wanderkorridor bis ins Oberwasser Stauwehr
D	Betrieblicher Unterhalt	1 Verlandung 2 Geschwemmsel 3 Regelmässigkeit und Intensität des Unterhalts 4 Zugänglichkeit 5 Technische Installationen

1.1 A – Auffindbarkeit, Verfügbarkeit der FAH

Hier wird bewertet, wie gut die FAH von aufstiegswilligen Fischen gefunden werden kann, sowohl räumlich als auch zeitlich. Folgende Kriterien kommen zur Anwendung:

A1 Platzierung und Anzahl der Einstiege

Die Einstiege sollen möglichst nahe am Hindernis liegen, müssen aber hydraulisch erreichbar sein, was bei mehr als einem Einstieg pro Uferseite besser gewährleistet werden kann. Abhängig von der Gewässerbreite und den hydraulischen Gegebenheiten im Unterwasser des Hindernisses sind Einstiege (resp. FAHs) auf beiden Uferseiten des Gewässers sinnvoll.

A2 – A4 Auffindbarkeit bei unterschiedlichen Abflusszuständen

Die FAH hat während 300 Tagen pro Jahr zu funktionieren ($Q_{30} - Q_{330}$). Das heisst, dass die Einstiege bei unterschiedlichen Abflüssen resp. Pegelständen erreichbar und auffindbar sein müssen. Die Strömungen resp. Fliessgeschwindigkeiten im Unterwasser der Anlage ändern sich bei unterschiedlichen Abflüssen. Dies kann bspw. dazu führen, dass Fische gewisse Einstiege nicht mehr erreichen können oder durch ändernde Strömungsverhältnisse fehlgeleitet werden. Idealerweise sind alle Einstiege bei jedem Abfluss erreichbar.

1.2 B – Durchgängigkeit, Fehleranfälligkeit der FAH

Wenn die aufstiegswilligen Fische einen Einstieg gefunden haben, sind sie möglichst sicher und schnell ins Oberwasser des Hindernisses zu führen. Neben den messbaren hydraulischen und geometrischen Kennwerten gibt es eine Reihe weiterer Faktoren, welche die Qualität einer FAH ausmachen.

B1 Fehleranfälligkeit der Anlage hinsichtlich Einhalten der Vorgaben zu Energiedissipation, Wasserspiegel, Schlitzbreite etc.

Je mehr Reserven die Anlage gegenüber den z.B. in der DWA-Richtlinie genannten Grenzwerten aufweist, desto eher funktioniert sie auch bei extremen Abflusszuständen (bspw. ausserhalb $Q_{30} - Q_{330}$).

B2 Fehleranfälligkeit im Rahmen der baulichen Realisierung

Die vorgegebenen hydraulischen und geometrischen Werte sollen im Bau möglichst präzise umgesetzt werden können, da bereits kleine Abweichungen das hydraulische System über mehrere Becken hinweg beeinträchtigen und bereits ein einziger, nicht überwindbarer Schlitz die gesamte FAH unpassierbar macht.

B3 Verzweigungen in der FAH

In den Verzweigungsbauwerken (bspw. bei mehreren Einstiegen) können sich ungünstige hydraulische Bedingungen (Kehrströmungen, Walzen etc.) bilden. Die negativen hydraulischen Bedin-

gungen in einem Verzweigungsbauwerk können baulich vermindert, aber nicht komplett eliminiert werden.

B4 Fehleranfälligkeit aufgrund Wechsel des Bautyps innerhalb der FAH

Der Wechsel von einem Bautypen auf einen anderen innerhalb einer FAH benötigt Übergangszonen, die sehr heikel sind. Insbesondere der Wechsel von einer technischen FAH auf ein naturnahes (Umgehungs-) Gewässer birgt einige Schwierigkeiten. So benötigt ein naturnahes Gewässer grundsätzlich mehr Betriebswasser für die gleiche Wassertiefe/Fliessgeschwindigkeit; eine Wasserzugabe beim Übergang einer technischen Passage in eine naturnahe Strecke (in Fliessrichtung gesehen) ist verhältnismässig einfach machbar, der umgekehrte Fall jedoch nicht, da das überschüssige Wasser nicht einfach entnommen werden kann.

B5 Prädation in der FAH durch Vögel

Offene Wasserflächen in der FAH ohne Schutzmöglichkeiten sind attraktiv für fischfressende Vögel.

B6 Sicherstellung der Abflusstiefe

In der gesamten FAH ist eine genügende Wassertiefe sicherzustellen. Insbesondere beim Wechsel von Bautypen oder bei naturnahen Bauweisen kann es zu Abschnitten mit zu geringer Wassertiefe kommen.

B7 Angebot von zusätzlichem Lebensraum

Es ist grundsätzlich begrüssenswert (jedoch nicht zwingend), wenn die FAH ihrerseits bereits einen (temporären) Lebensraum darstellt, sei es für Jung- und Kleinfische oder für Makrozoobenthos. Prioritäres Ziel einer FAH ist aber sinngemäss der Fischaufstieg.

B8 Pegelschwankungen beim Ausstieg der FAH

Pegelschwankungen im Oberwasser führen zu schwankenden hydraulischen Verhältnissen in der FAH und damit zu einer erhöhten Fehleranfälligkeit, auch wenn die Betriebswassermenge beim Ausstieg mit Schiebern o.ä. gesteuert wird.

B9 Länge der FAH

Obschon hierzu keine gesicherten Erkenntnisse aus der Schweiz vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass eine kürzere FAH rascher durchwandert werden kann und somit auch das Hindernis schneller überwunden wird. Es besteht grundsätzlich immer ein Risiko, dass Fische in der FAH umkehren. Dieses nimmt mit zunehmender Länge der FAH zu.

1.3 C – Ausstieg und weiterer Aufstieg

Nachdem die FAH überwunden ist, wandern die Fische im Gewässer weiter. Der weitere Wanderkorridor ist entsprechend in die Bewertung der Varianten einzubeziehen.

C1 Fließverhältnisse beim Ausstieg

Unmittelbar nach dem Ausstieg ins Gerinne müssen die Fließverhältnisse so sein, dass aufwärtswandernde Fische sich schnell orientieren und weiterwandern können. Der weitere Aufstieg im Oberwasser soll für alle aufsteigenden Fischarten ebenfalls möglichst gut durchschwimmbar sein. Soweit diese durch den Bau oder die Platzierung der FAH beeinflusst werden kann, soll dies in die Bewertung einfließen.

C2 Distanz zum Turbineneinlass

Der Ausstieg ist möglichst weit vom Turbineneinlass resp. der Rechenebene entfernt zu platzieren, um das Risiko eines Wiederabstiegs zu minimieren.

C3 Weitere Hindernisse, Wanderkorridor bis ins Oberwasser Stauwehr

Aufstiegswillige Fische sind möglichst direkt vom Unterwasser des Hindernisses ins Oberwasser der Staustufe zu führen. Mehrere Hindernisse führen zu zusätzlichen Suchbewegungen und zu potentiellen Fehlleitungen und sind deshalb zu vermeiden.

1.4 D – Betrieblicher Unterhalt

Der betriebliche Unterhalt ist nicht ein gewässerökologischer Themenbereich. Nichtsdestotrotz ist der betriebliche Unterhalt für die Funktionalität der FAH wichtig und fließt deshalb ebenfalls in die Bewertung ein, wobei er im Vergleich zu den anderen drei Kriteriengruppen weniger stark gewichtet wird. Unterhalt kann grundsätzlich als Reaktion auf einen Missstand hin verstanden werden, entsprechend muss damit gerechnet werden, dass bei häufigerem Unterhaltsbedarf die Funktionalität der FAH auch weniger häufig einwandfrei gegeben ist.

D1 Verlandung

Langsam fließende Abschnitte und stehende Wasserflächen tendieren zu Verlandung und damit zu veränderten Abflussverhältnissen (Wassertiefe, direkte Fließwege). Diese Bereiche müssen häufiger unterhalten (ausgebaggert) werden als andere Stellen. Die Funktionalität der FAH ist bei häufiger Verlandung weniger gegeben.

D2 Geschwemmsel

Je nach Bautyp der FAH führt starker Geschwemmselanfall (Laub, Äste etc.) zu Störungen im Betrieb. Die Funktionalität der FAH ist bei häufiger Verklausung weniger gegeben.

D3 Regelmässigkeit und Intensität des Unterhalts

Wenn eine FAH grundsätzlich viel Unterhalt und Pflege benötigt, besteht das Risiko, dass ihre Funktionalität leidet (z.B. durch Ausserbetriebnahme).

D4 Zugänglichkeit

Wenn die FAH jederzeit und überall gut zugänglich ist und Störungen o.ä. einfach und rasch mit wenigen Gerätschaften entfernt werden können, ist die Funktionalität der FAH besser gewährleistet. So kann bspw. ein Steg über einem Vertical Slot Pass die Kontrolle sowie den Unterhalt einer FAH stark vereinfachen. Bei naturnahen Gerinnen muss unter Umständen das Gerinne mit geeigneter Kleidung begangen werden (zeitaufwändiger). Weiter ist die Zufahrt für grössere Gerätschaften nicht überall gegeben.

D5 Technische Installationen

Technische Installationen sind potentielle Fehlerquellen in der Funktionalität einer FAH (Schieber und Schützen können versagen, oder werden falsch angesteuert etc.).

2 Auswertung der Bemessungskriterien

2.1 Auswertung Nutzen

Zur Bewertung werden sämtlichen Kriterien von 1 (schlecht) bis 5 (gut) bepunktet. Der Mittelwert der einzelnen Kriterien in einer Kriteriengruppe pro Variante ergibt den Nutzen dieser Kriteriengruppe (vgl. Tab. 2.1).

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
A	3.67	4.67	4.00	4.33
A1	4	5	4	5
A2	4	5	4	4
A3	3	4	4	4

Tab. 2.1 Beispiel der Bewertung der Kriteriengruppe A für 4 Varianten.

Im Gegensatz zu den einzelnen Kriterien pro Kriteriengruppe werden die Kriteriengruppen selbst gewichtet. Abhängig von der Anlage, der vorgesehenen Varianten sowie weiterer Randbedingungen kann die Gewichtung unterschiedlich ausfallen. Grundsätzlich nimmt die Wichtigkeit der Kriteriengruppen von A bis D ab. Mittels der vorgängig festgelegten Gewichtung der Kriteriengruppen A bis D kann schliesslich der Nutzen der einzelnen Varianten berechnet werden (vgl. Beispiel in Tab. 2.2).

	Kriteriengruppen	Gewichtung (Total 100%)
A	Auffindbarkeit, Verfügbarkeit der FAH	40%
B	Durchgängigkeit, Fehleranfälligkeit der FAH	30%
C	Ausstieg und weiterer Aufstieg	20%
D	Betrieblicher Unterhalt	10%

Tab. 2.2 Beispiel der Gewichtung der Kriteriengruppen.

2.2 Kosten-Nutzen-Vergleich

Zur Identifikation der Bestvariante werden die Gesamtkosten (direkte Baukosten, Planung, Unterhalt, Erfolgskontrolle usw.) inkl. MWST und die Gesamtpunkte des Nutzen für jede Variante gegenübergestellt (vgl. Abb. 2.1). Der Kosten-Nutzen-Vergleich kann anschliessend interpretiert und die Bestvariante empfohlen werden.

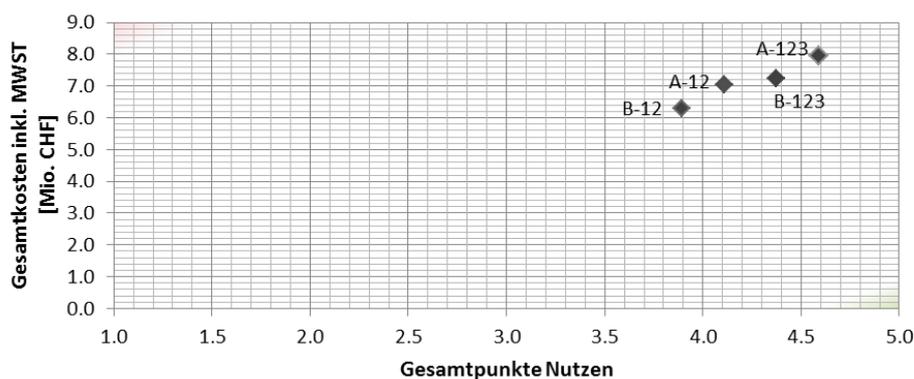


Abb. 2.1 Grafische Darstellung des Kosten-Nutzen-Vergleichs für 4 Varianten.

2.3 Kosten-Nutzen-Gewichtung

Neben dem Kosten-Nutzen-Vergleich gemäss Kapitel 2.2 kann die Bestvariante auch mittels einer Gewichtung der Kosten resp. des Nutzens bestimmt werden. Die Berechnung erfolgt auf zwei Arten:

- 1 Den Öko-Punkte und den Kosten wird ein Rang verliehen, wobei Rang 1 die beste Variante hinsichtlich Kosten resp. Nutzen darstellt. Die Gewichtung des Nutzens (Öko-Punkte) und der Kosten geschieht über einen Gewichtungsfaktor (0 bis 1), wodurch eine Gesamtplatzierung berechnet werden kann (siehe Tab. 2.3).
- 2 Alternativ können die Öko-Punkte und die Kosten mittels linearer Interpolation von 0 (schlechteste Variante) bis 100 (beste Variante) verteilt werden. Die Gewichtung des Nutzens (Öko-Punkte) und der Kosten geschieht erneut über einen Gewichtungsfaktor, wodurch eine Gesamtplatzierung berechnet werden kann (siehe Tab. 2.3).

Diese Berechnung soll nur für interne Zwecke (sprich im Projektteam) verwendet werden und kann bei der Wahl der Bestvariante helfen.

[Alle Beträge in CHF und exkl. MWST]	A-12	A-123	B-12	B-123
Gewichtung Öko Punkte	0.6			
Kosten inkl. MWST	7'030'800	7'938'000	6'307'200	7'225'200
ÖKO Punkte	4.11	4.59	3.90	4.38
Platzierung ÖKO Punkte	3	1	4	2
Platzierung Kosten	2	4	1	3
Summe Platzierung	2.6	2.2	2.8	2.4
ÖKO Punkte linear interpoliert	31.0	100.0	0.0	69.0
Kosten Punkte linear interpoliert	55.6	0.0	100.0	43.7
Summe lineare Interpolation	40.8	60.0	40.0	58.9

Tab. 2.3 Beispiel Kosten-Nutzen-Gewichtung. Blau: Gewichtungsfaktor, grün: rechnerisch beste Varianten.

Freundliche Grüsse
Axpo Power AG



Manuel Blum
Ressort Umwelt/Wasserwirtschaft



Ueli Rickenbacher
Leiter Ressort Umwelt/Wasserwirtschaft