

Beilage zur UVB Hauptuntersuchung

5.1 Fachbericht Gewässerökologie und Fische

	Aquatica GmbH	Büro für Gewässerökologie und Wassertechnik
Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach		Tel.: 031 781 49 40, Fax: 031 781 40 10

Inhalt

1.	Projektbeschreibung, Auftragserteilung und Aufgabenstellung	3
1.1.	Aufgabenstellung	4
2.	Untersuchungsgebiet und Gewässerzustand	5
2.1.	Die Aare und ihre wichtigen Zuflüsse	5
2.2.	Uferstrukturen in der Restwasserstrecke	7
3.	Fischfauna der Restwasserstrecke	9
3.1.	Zahlenmässige Anteile der Arten bei der Uferbefischung	9
3.2.	Räumliche Verteilung der Arten und Fischdichten	10
3.3.	Einteilung der Arten in der Uferbefischung in Strömungsgilden.....	12
3.4.	Charakterisierung der Arten nach ihrem Strukturbezug	13
3.5.	Längenverteilung der Arten - Hinweise auf Fortpflanzungserfolg	13
3.6.	Zeitliche Veränderung, Vergleich mit der Erhebung 2001/03	15
3.7.	Bei der Uferbefischung erfasste Krebsarten	17
3.8.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Uferbefischung	17
4.	Beurteilung der Fischfauna im Raum Aarau	19
4.1.	Fischartenzusammensetzung der Aare im Bereich des Kraftwerks.....	19
4.2.	Fischregionsindex FRI	25
5.	Laichhabitat für Kieslaicher - Kolmation der Sohle	26
5.1.	Restwasserstrecke KW Aarau.....	26
5.2.	Zuflüsse	28
5.3.	Schaffung eines Umgehungsgerinnes im Schönenwerder Schachen	31
6.	Passierbarkeit des KW Aarau für wandernde Fische	32
6.1.	Technische Bewertung des geplanten Vertikalschlitzpasses.....	32
6.2.	Fischabstieg und Turbinenmortalität	36
7.	Makrozoobenthos	43
7.1.	Ist-Zustand im Oberwasserkanal Süd	43
8.	Gesamtbeurteilung des Erneuerungsprojekts Kraftwerk Aarau	45
8.1.	Etappenweise Erneuerung Turbinen und Generatoren, Zentralen 1 und 2	45
8.2.	Neubau Fischaufstiegshilfen Maschinenhaus	45
8.3.	Teilweise Aufhebung des Mitteldamms im Oberwasserkanal	46
8.4.	Erneuerung Tosbecken Wehr Schönenwerd	48

8.5.	Einbau neue Dotierturbine Wehr Schönenwerd, Horizontalrechen.....	48
8.6.	Sohlenschwelle mit Aalabzug.....	49
8.7.	Erhöhung Dotierwassermenge, angleichen an Abflussregime der Aare	49
8.8.	Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen.....	49
8.9.	Revitalisierung Erzbach.....	49
8.10.	Vorsorgliche Baumassnahme für Aalabstieg.....	50
8.11.	Gesamtschau über die Massnahmen des Projekts.....	50
9.	Literaturverzeichnis	51

1. Projektbeschreibung, Auftragserteilung und Aufgabenstellung

Die IBAAarau Kraftwerk AG stellt das Gesuch um Konzessionserneuerung, welches verschiedene Massnahmen zur Optimierung und etappierten Erneuerung der Anlagen enthält.

Die Ingenieurgesellschaft KW Aarau wurde vom KW Aarau beauftragt, ein machbares, optimiertes und bewilligungsfähiges Konzessions- und Bauprojekt auszuarbeiten, welches den Ansprüchen der Energieproduktion, der Technik und der Umwelt gerecht wird.

Das Projekt umfasst im Wesentlichen folgende umweltrelevanten Anpassungen:

- Etappenweise Erneuerung der Turbinen und Generatoren in den Zentralen 1 und 2.
- Neubau einer Fischaufstiegshilfe (FAH) beim Maschinenhaus (linksseitig).
- Neubau der bestehenden, rechtsseitigen Fischaufstiegsanlage.
- Teilweise Strukturierung der Ufer des Oberwasserkanals Süd (oberhalb Mauerkrone).
- Abflachung der Ufer bei der alten Badi.
- Erneuerung (Vertiefung) des Tosbeckens beim Wehr Schönenwerd, Entfernung der Dissipatoren (Strömungsbrecher, Störkörper).
- Einbau einer neuen Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd (mit Horizontalrechen).
- Einbau eines sohlen- und eines oberflächennahen Bypasses für absteigende Fische beim Wehr Schönenwerd.
- Einbau einer Abstiegsmöglichkeit für Aale an der Stelle der linksseitigen Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd.
- Erhöhung der Dotierwassermenge in der Restwasserstrecke und angleichen an das natürliche Abflussregime der Aare.
- Neuschaffung eines Umgehungsgerinnes im Schönenwerder Schachen.
- Revitalisierung der untersten 180 m des Erzbaches und Anbindung an die Aare.
- Bau eines Seitengewässers im Grien mit Verbindung zum Oberwasserkanal.

Das Projekt muss gemäss Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung einer Umweltverträglichkeitsprüfung UVP unterzogen werden.

Gewässerökologische und fischökologische Aspekte spielen eine sehr wichtige Rolle bei dieser UVP. Aus diesem Grund wurde die Firma Aquatica GmbH am 8. Juni 2009 beauftragt, die gewässer- und fischökologischen Grundlagen für die UVP zu erarbeiten. In mehreren gemeinsamen Besprechungen mit Vertretern des KW Aarau und der IG KW Aarau wurde die Aufgabenstellung ausgearbeitet.

1.1. Aufgabenstellung

- Mitarbeit bei der Optimierung der geplanten Fischaufstiegshilfe beim Maschinenhaus,
- Mitarbeit bei der Optimierung des geplanten Umgehungsgewässers beim Wehr Schönenwerd, Dotation, Beckengrösse, Gefälle, optimaler Typ und Position der Zählleinrichtung.
- Berechnungen zum Verletzungsrisiko von Fischen bei der Passage der bestehenden und geplanten Turbinen.
- Aufnahme der Uferstrukturen und Mesohabitate (Pool, Riffle, Glide) sowie der Kolmation der Sohle in der Restwasserstrecke.
- Bewertung der Durchgängigkeit und des Gewässerzustandes der Aare und ihrer Zuflüsse anhand vorhandener ökomorphologischer Daten, Beurteilung der wichtigsten Zuflüsse (Erzbach und Roggenhuserbach) hinsichtlich ihrer Eignung als Lebensraum und Laichhabitat für Kieslaicher.
- Erfassung des Fischbestandes in der Restwasserstrecke durch eine einmalige Uferbefischung.
- Beurteilung des Fischbestandes anhand der Resultate dieser Abfischung und anderer vorhandener Daten (Kanalabfischung, Fischaufstiegskontrollen, Daten des Centre Suisse de Cartographie de la Faune, CSCF).
- Erhebung des Ist-Zustandes der Benthos-Fauna am rechten Ufer des Oberwasserkanals Süd.

2. Untersuchungsgebiet und Gewässerzustand

2.1. Die Aare und ihre wichtigen Zuflüsse

Innerhalb des Konzessionsgebiets des KW Aarau ist die Aare gemäss den Erhebungen aus dem Jahr 2006 durch die Firma Sigmoplan AG mehrheitlich stark beeinträchtigt. Meist durchgehende Uferbefestigungen tragen zu dieser schlechten Klassierung bei. Ausnahme bildet die Restwasserstrecke des KW Aarau, die zum grössten Teil in einem wenig beeinträchtigten Zustand ist. Lediglich auf einer kurzen Strecke unterhalb des Wehrs Schönenwerd, wo zu den harten Uferverbauungen Kolkschutzmassnahmen in der Sohle hinzukommen, wurde die Aare als "naturfremd / künstlich" eingestuft (Abbildung 1).

Die Zuflüsse der Aare auf dem Konzessionsgebiet des KW Aarau weisen sehr häufig längere Eindolungen auf, welche den Austausch zwischen der Aare und ihren Zuflüssen verhindern. Dies trifft auf zahlreiche Solothurner Bäche zu (Dorfbach Niedergösgen, Fridbach, Rotlochbächli, Brunnbächli, Roggenhuserbach) und auf den auf Aargauer Boden fließenden Stadtbach Ziegel (Abbildung 1, Beilage Kanton Aargau). Andere wichtige Zuflüsse wie der Dubenmoosbach sind im Mündungsbereich in einem naturfremden Zustand. Beim Erzbach reicht dieser naturfremde Zustand weit flussaufwärts, so dass aufstiegswillige Fische kaum in das Gewässer einsteigen. Bei beiden erwähnten Bächen kommen unüberwindbare Aufstiegshindernisse hinzu: Beim Dubenmoosbach verhindert ein 1.2 m hoher, künstlicher Absturz unmittelbar bei der Mündung Fischen den Einstieg. Beim Erzbach sind die untersten 50 m eingedolt und 240 - 300 m von der Mündung in die Aare folgen mehrere künstliche 30 cm hohe Abstürze (Abbildung 1, Beilage Kanton Aargau). In der Wiederherstellung der Durchgängigkeit zwischen der Aare und ihren Zuflüssen liegt ein grosses Potenzial, indem Laichhabitats für Kieslaicher und Rückzugsgebiete für Kaltwasserarten in heissen Sommermonaten erschlossen werden können.

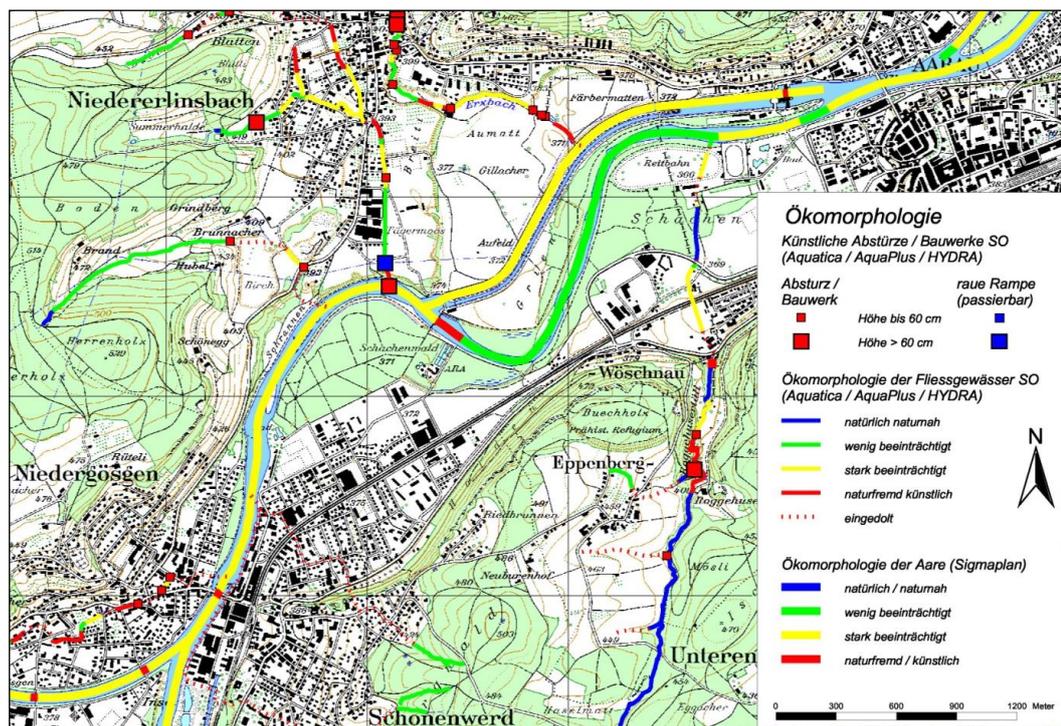


Abbildung 1: Ökomorphologischer Zustand der Aare (Daten Sigmoplan) und der Fliessgewässer der Kantone Solothurn und Aargau (Daten Aquatica / AquaPlus / HYDRA) sowie künstliche Abstürze und Bauwerke und für Fische teilweise passierbare raue Rampen.

Wie bereits erwähnt wird die Strecke vom Wehr Schönenwerd bis zur Wiedervereinigung der Aare-Arme unterhalb der Zentrale KW Aarau seit dem 01.07.2000 mit $10 \text{ m}^3/\text{s}$ dotiert. Bei einer Ausbauwassermenge von $394 \text{ m}^3/\text{s}$ herrschen gemäss Restwasserbericht an durchschnittlich 293 Tagen Restwasserhältnisse mit einem grossen Schwankungsbereich zwischen 224 und 355 Tagen, je nachdem, ob es sich um ein trockenes Jahr oder ein nasses Jahr handelt (betrachtete Periode: 2001 - 2009). In einem trockenen Jahr wird somit die Restwassermenge von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ lediglich an zehn Tagen überschritten. -> RWB

Dazu kommt, dass der untere Teil der Restwasserstrecke im Rückstaubereich des Kraftwerks Rüchlig liegt. Je nach Abfluss verschiebt sich dieser Rückstaubereich nach oben und unten. Während den Uferkartierungen vom 14.09.2009, einem Tag mit sehr geringem Abfluss der Aare, waren die untersten 460 m bzw. 17% der total 2.7 km langen Restwasserstrecke vollständig eingestaut. Feinmaterialauflagen auf der Kiessohle reichten hingegen deutlich weiter flussaufwärts, welche einen oft weiter reichenden Einstau belegen.

Der obere Teil der Restwasserstrecke ist durch eine relativ hohe Breiten- und Tiefenvariabilität gekennzeichnet und weist eine für Fliessgewässer typische Abfolge von "Pools" (Kolke, überdurchschnittlich tiefe und langsam fließende Stellen), "Glides" (Läufe mit durchschnittlicher Tiefe sowie mit gleichmässiger Fließgeschwindigkeit und in der Regel glatter Wasseroberfläche) und "Riffles" (überdurchschnittlich seichte und strömungsreiche Strecken mit in der Regel turbulenter und unebener Wasseroberfläche) auf. Im Vergleich mit natürlichen Fließstrecken sind Glides und Pools übermässig vertreten, während Riffles untervertreten sind. Diese Gewässerstrukturen werden als Mesohabitate bezeichnet. Das Vorhandensein aller 3 Mesohabitate ist sehr wichtig für die Eignung eines Gewässers als Lebensraum für Fische.

2.2. Uferstrukturen in der Restwasserstrecke

Vor allem Jungfische, aber auch ausgewachsene Fische sind auf den Schutz der Uferstrukturen angewiesen. Steine, Wasserpflanzen, Totholz und ins Wasser hängende Vegetation bieten den Fischen Versteckmöglichkeiten und die nötige Strömungsvielfalt.

Vor allem Fische im jüngsten Lebensabschnitt, dem sog. Larvenstadium, sind auf Schutz vor zu starker Strömung angewiesen.

Strukturierte, in Buchten gegliederte Naturufer mit Wasserpflanzen und Holzstrukturen bieten den Jungfischen optimalen Lebensraum. An verschiedenen Gewässern der Schweiz wurden entlang solcher Ufer mit Abstand die höchsten Dichten an Äschenlarven und jungen Bachforellen festgestellt.

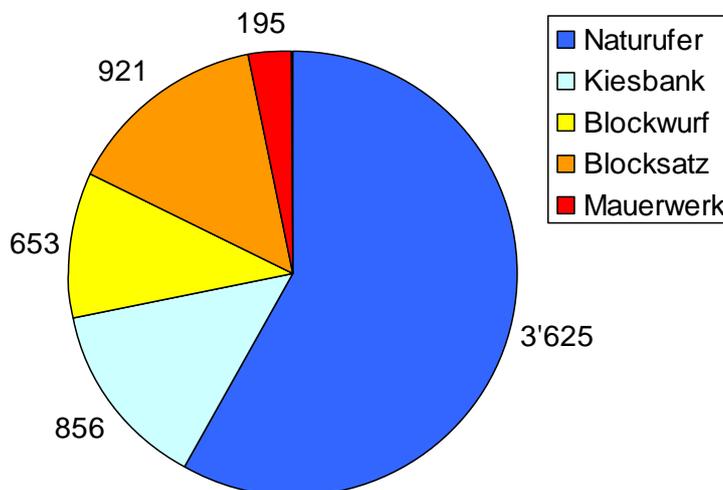


Abbildung 2: Streckenlängen der verschiedenen Uferstrukturtypen in der Restwasserstrecke des KW Aarau. Erhebung vom 14.09.2009.

Künstliche, mit glatten Verbauungen versehene Ufer bieten den Jungfischen dagegen keinen Schutz vor zu starker Strömung, da die Fliessgeschwindigkeiten nicht gebrochen werden und bis unmittelbar am Ufer sehr hoch sind. Zudem finden die Jungfische keinen Schutz vor Fressfeinden, da die Wassertiefe bis unmittelbar am Ufer hoch ist. Entsprechend diesen schlechten Voraussetzungen konnten entlang dieses Ufertyps über mehrere Kilometer keine Äschenlarven gefunden werden, was mit Sicherheit auch für die noch kleineren Larven der Cypriniden zutrifft. Wegen dieser grossen Bedeutung der Uferstruktur wurden die vorhandenen Uferstrukturen und -verbauungen in der Restwasserstrecke kartiert.

Die Ergebnisse der Kartierungen zeigen, dass über 70% der Uferstrecke in naturnahem Zustand waren (Naturufer oder Kiesbank). 10% der Uferlänge waren mit Blockwurf befestigt, welcher auf Grund der unregelmässigeren Positionierung der Steinblöcke für Fische und andere Gewässerorganismen weniger schädlich ist als Blocksatz. Rund 15% der Uferlinie der Restwasserstrecke waren mit Blocksatz befestigt. Lediglich 3% der Uferstrecke waren mit Mauerwerk verbaut (Abbildung 2).

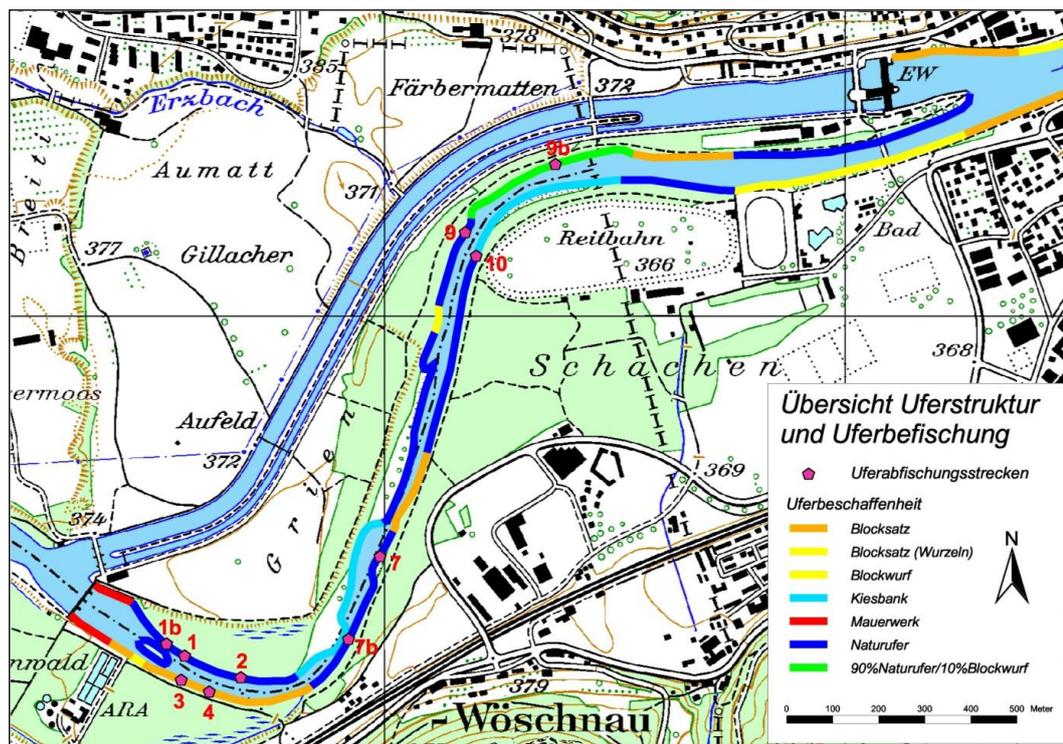


Abbildung 3: Übersicht über die Restwasserstrecke des KW Aarau mit den vorhandenen Uferstrukturen. Rote Fünfecke: Abfischungsstrecken Uferbefischung.

Die räumliche Verteilung zeigt, dass die harten Verbauungen mit Mauerwerk den unmittelbaren Bereich unterhalb des Wehrs Schönenwerd betreffen (je rund 100 m). Die Blocksatzverbauungen befinden sich an verschiedenen Stellen, die längste davon in der Aussenkurve, am rechten Ufer unterhalb des Wehrs Schönenwerd. Kiesbänke sind vorwiegend in den Innenkurven zu finden (Abbildung 3). Vor allem die mit Bäumen bewachsene, unverbauete Insel unterhalb des Wehrs Schönenwerd ist ein sehr wertvolles Gewässer- und Landschaftselement, welches für die Gewässer- und Fischfauna von grosser Bedeutung sein dürfte, vor allem bei Hochwasser.

Zusammenfassend ist die Restwasserstrecke wegen ihrer mehrheitlich naturnahen Uferstrukturen sehr positiv zu bewerten. Da die Abflussbedingungen heute bei Weitem nicht einem natürlichen Zustand entsprechen, liegt in der Erhöhung und zeitlichen Abstufung der Restwassermenge ein sehr grosses Potenzial. Die optimale Wahl der Restwassermenge ist an den ökologischen Ansprüchen der Arten zu bemessen, die heute in der Strecke bereits häufig vorkommen und solchen, die gefördert werden sollen.

Dabei spielen neben den Habitatansprüchen (Laichhabitat, Larvenhabitat, Juvenilhabitat, Nahrungshabitat adulter Tiere) auch die Ansprüche an die Temperaturverhältnisse eine entscheidende Rolle. In der Aare kommen mehrere Arten vor (z. B. Äsche und Bachforelle), welche nicht mehr überleben können, wenn sich das Wasser zu stark erwärmt (SCHMUTZ & MATULLA 2004; NOTTER & STAUB 2009). Die Temperaturpräferenzen und maximal tolerierbaren Werte sind in der Arbeit von (KÜTTEL et al. 2002) zusammengestellt. Die Dotierung der Restwasserstrecke kann einen entscheidenden Einfluss auf die Erwärmung des Wassers im Verlauf einer Restwasserstrecke haben (GUTHRUF 2002b).

3. Fischfauna der Restwasserstrecke

3.1. Zahlenmässige Anteile der Arten bei der Uferbefischung

Die zahlenmässigen Anteile zeigen, dass unter den 13 im Rahmen der Uferbefischung nachgewiesenen Arten deren 8 mit 30 oder mehr Individuen vertreten waren. Am häufigsten war die Schmerle, welche 44% der erfassten Fische ausmachte. Am zweithäufigsten war die Elritze, welche auf 28% der gesamten Fangzahl kam. Auch die Barbe war mit 13% relativ stark am Gesamtfang beteiligt, gefolgt vom Alet, welcher 7% der erfassten Fische ausmachte. Dorngrundel und Groppe erreichten je 3% des Gesamtfangs (Abbildung 4).

Aus der Farbgebung ist bereits ersichtlich, dass die in Blautönen dargestellten strömungsliebenden Arten eine dominierende Rolle einnehmen, während Stillwasserarten (in Rottönen dargestellt) nur in geringer Zahl vorkamen. Dabei ist allerdings zu erwähnen, dass bei der Uferbefischung vorwiegend Jungfische und Kleinfischarten erfasst wurden.

Entsprechend den Erfahrungen an der Aare zwischen Thun und Bern (GUTHRUF 2008) ist anzunehmen, dass das Artenspektrum bei einer Befischung vom treibenden Boot aus anders aussieht. Zwischen Thun und Bern beispielsweise konnten Äsche, Hecht und Nase lediglich im Rahmen der Bootsbefischung nachgewiesen werden, während diese Arten bei der Uferbefischung fehlten. Auch die Bachforelle war bei der Bootsbefischung bedeutend häufiger als bei den Uferbefischungen. Trüsche, Schmerle, Laube, Groppe, Schneider und Strömer wurden dagegen ausschliesslich oder mit wenigen Ausnahmen nur bei den Uferbefischungen erfasst.

Es ist anzunehmen, dass in Aarau Arten wie Wels, Karpfen, Hasel, Laube, Nase, Zander und Rotaugen, welche bei der Kanalbefischung erfasst wurden, auch in der Restwasserstrecke mit Hilfe einer Befischung vom Boot aus nachgewiesen werden könnten. Dasselbe gilt für den Hecht, der in den tiefen und stillen Pools der Restwasserstrecke geeigneten Lebensraum finden dürfte und auf Grund der im Vergleich mit anderen Abschnitten der Aare hohen Jungfischdichte ein gutes Nahrungsangebot finden sollte.

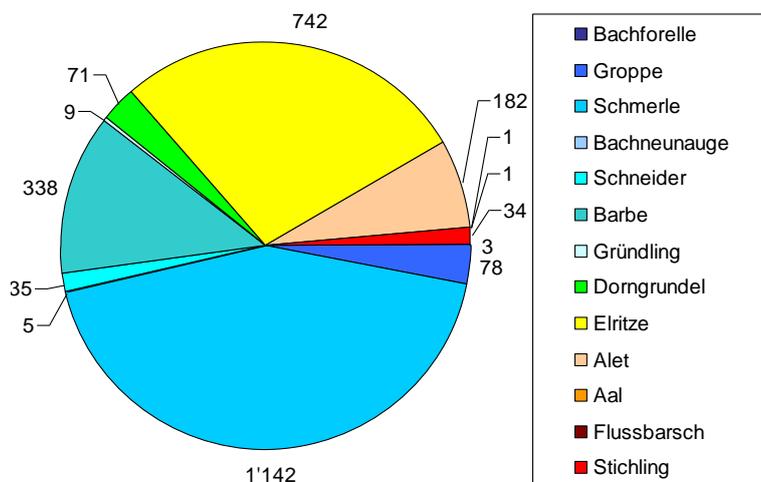


Abbildung 4: Artenzusammensetzung bei der Uferbefischung mit dem Elektrofänger vom 16. und 18.09.2009 in der Restwasserstrecke des KW Aarau. Probestrecken: siehe Abbildung 3. Strömungsliebende (Rheophile) Arten sind in blauen Farbtönen, indifferente in gelben bis braunen und Stillwasserarten in roten Farbtönen dargestellt. Die grün dargestellte Dorngrundel gehört den auf geringe Strömungen spezialisierten (oligotheophilen) Arten an.

3.2. Räumliche Verteilung der Arten und Fischdichten

Generell ist zu bemerken, dass die vorgefundenen Fischdichten im Vergleich mit anderen Gewässern hoch sind, konnten doch pro Laufmeter Ufer zwischen 2 und 22 Fische gefangen werden. Dabei ist zu bemerken, dass nur der durchwatbare Uferstreifen befischt wurde und ein Teil der Fische ins Freiwasser flüchtete. Zudem konnten die Arten, die im Kiesel- und Kieslückenraum versteckt leben (Schmerle, Groppe und Barbe), nicht zu 100% erfasst werden.

Aus der räumlichen Verteilung ist ersichtlich, dass die Fischdichte in den oberen, relativ stark strömenden Abschnitten höher war als in den unteren Strecken, welche bereits im Rückstaubereich des Kraftwerks Rüchlig liegen (Abbildung 5 und 6). Auch langsam fließende Strecken im oberen Teil wiesen geringe Dichten auf. Je nach Uferstruktur war die Artenzusammensetzung verschieden: So war der Anteil der strömungsindifferenten Arten (Elritze und Alet) überall dort am höchsten, wo die Ufer mit Blockwurf oder Blocksatz befestigt waren (Abbildung 5 und 6). An den unverbauten Ufern dagegen, welche durch Schottersubstrat mit vorhandenem Lückensystem charakterisiert waren, dominierten ganz klar die strömungsliebenden Arten, vertreten durch Schmerle, Barbe und Groppe. Die Dorngrundel war am häufigsten an Standorten, wo sandiges Substrat vorherrschte, nämlich in Strecke 2 am Gleitufer des tiefen Pools in der starken Linksbiegung sowie an den beiden untersten Strecken am linken Ufer, welche bereits im Rückstaubereich von Rüchlig liegen. An den drei erwähnten Stellen mit Feinsediment konnten auch die Larven des Bachneunauges (Querder) erfasst werden (Abbildung 5 und 6). Im Unterschied zur Dorngrundel ist das Bachneunauge aber bei der Eiablage auf lockeren Kies angewiesen. Es ist anzunehmen, dass die letztere Art aus diesem Grund in der untersten Strecke im Rückstaubereich des Kraftwerks Rüchlig nicht erfasst werden konnte.

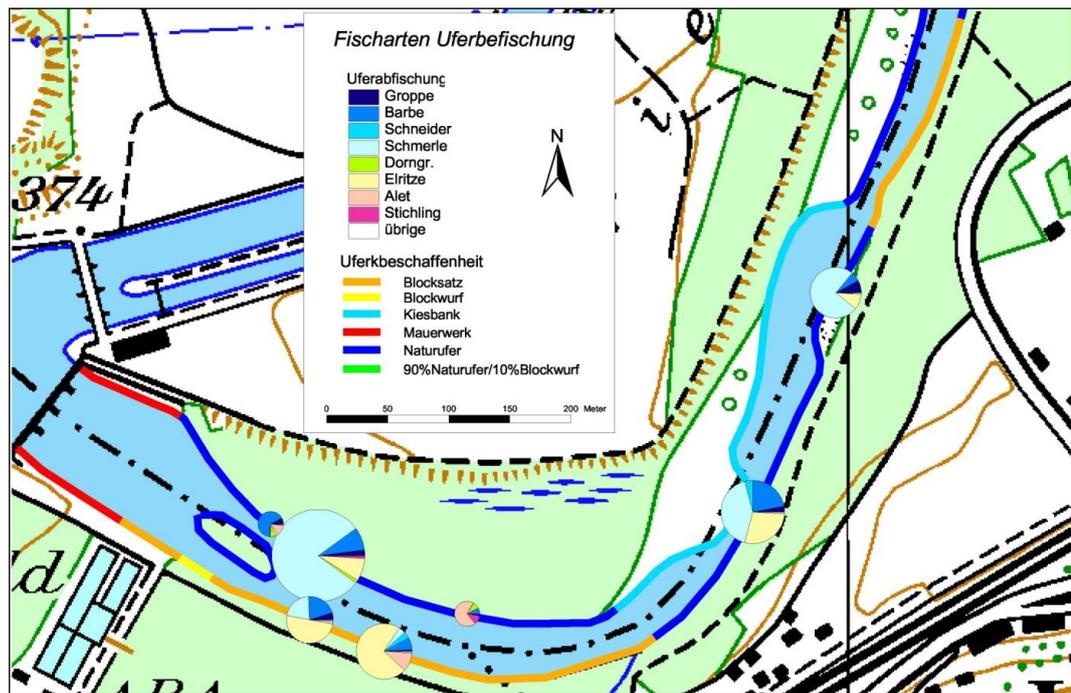


Abbildung 5: Artenzusammensetzung (Farbgebung) und Individuendichte (Grösse der Diagramme) in den verschiedenen Abfischungsstrecken in der Restwasserstrecke des KW Aarau; oberer Teil.

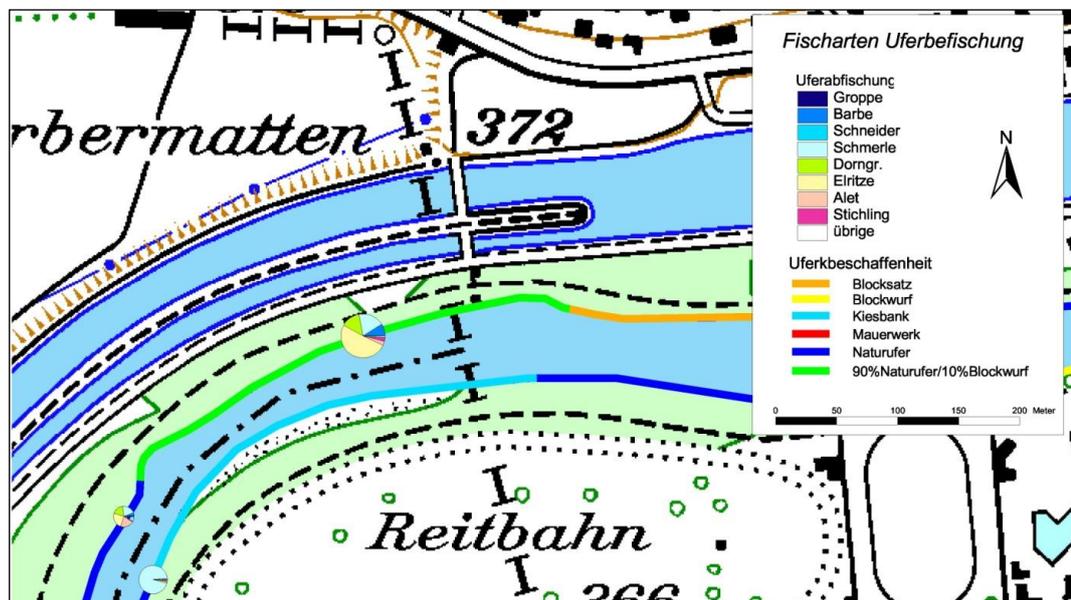


Abbildung 6: Artenzusammensetzung (Farbgebung) und Individuendichte (Grösse der Diagramme) in den verschiedenen Abfischungsstrecken in der Restwasserstrecke des KW Aarau; unterer Teil.

3.3. Einteilung der Arten in der Uferbefischung in Strömungsgilden

Die Mehrzahl der im Rahmen der Uferbefischung erfassten Arten (7 von 13) gehören den typischen Flussfischarten an, welche sowohl bei der Fortpflanzung als auch im sonstigen Leben auf Strömung angewiesen sind (rheophil / rheopar). Berücksichtigt man die Individuenzahl, so ist der Anteil sogar noch höher (Abbildung 8). Dies ist ein Hinweis, dass die Restwasserstrecke im Wesentlichen noch durch strömende Verhältnisse geprägt ist. Arten, welche sowohl in fließendem wie auch in stehendem Wasser leben können (sog. indifferente Arten) und auch bezüglich Reproduktion nicht allzu hohe Ansprüche haben (euryopar), tragen gut einen Drittel zum erfassten Bestand bei. Die bei der Fortpflanzung und in ihrem Leben auf stehendes Wasser oder nur sehr langsam strömende Verhältnisse spezialisierten Arten (limnophil / limnopar), sind nur schwach vertreten. Dass Gilden wie "indifferent / rheopar" und "indifferent / limnopar", ganz fehlen, kann einerseits auf ein Habitatdefizit hinweisen, kann aber auch methodische Gründe haben. Eine Befischung vom Boot aus könnte zur Klärung dieser Frage beitragen.



Abbildung 7: Der dreistachelige Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) gehört den zu den limnophilen Fischarten, die stehendes oder langsam fließendes Wasser bevorzugen.
Foto J. Guthruf.

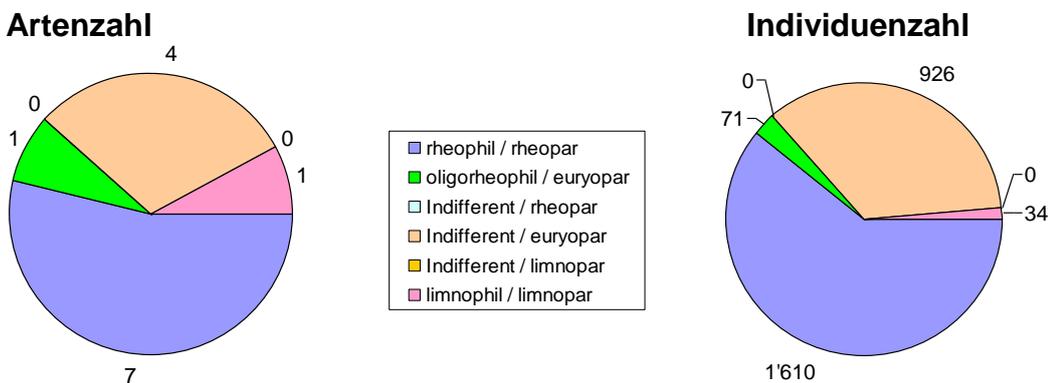


Abbildung 8: Zugehörigkeit der Fischarten der Restwasserstrecke des KW Aarau zu den Strömungsgilden gemäss (ZAUNER et al. 2001). Rheophil = strömungsliebend; rheopar = beim Ablaichen auf Strömung angewiesen; indifferent = kann in strömenden und stehendem Wasser leben; euryopar = kann in strömenden und stehendem Wasser laichen; limnopar = kann nur in stehendem Wasser laichen. Oligorheophil = bevorzugt geringe Fließgeschwindigkeit.

3.4. Charakterisierung der Arten nach ihrem Strukturbezug

Die Mehrzahl der bei der Uferbefischung gefangenen Arten weist einen hohen Strukturbezug auf. Da aber die meisten dieser Arten nur durch Einzeltiere (Aal, Bachneunauge, Bachforelle) oder nur durch relativ wenige Individuen vertreten sind (Groppe, Dorngrundel, Stichling), macht der Anteil dieser Gruppe nach der Individuenzahl beurteilt nur noch rund 20% aus. Der grösste Teil der vorkommenden Fische gehört zu den Arten mit geringem Strukturbezug wie Schmerle, Elritze und Barbe (Abbildung 9).

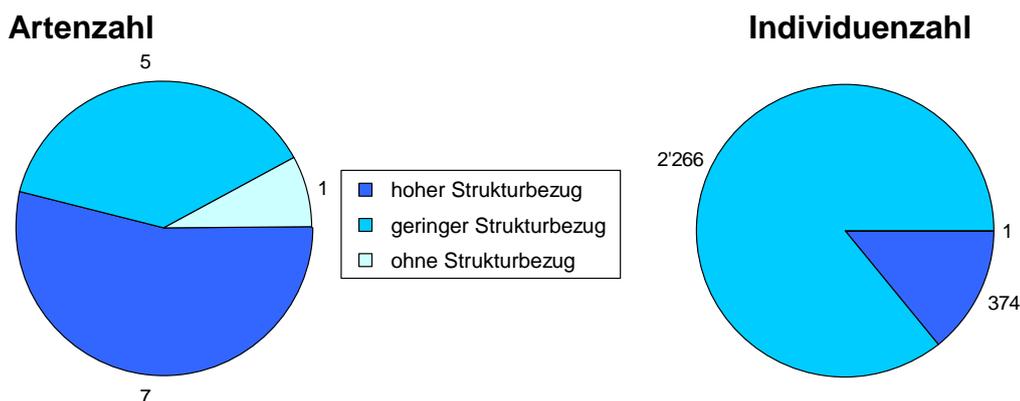


Abbildung 9: Strukturbezug der Fischarten der Restwasserstrecke des KW Aarau. Links Artenzahl, rechts Individuenzahl.

3.5. Längenverteilung der Arten - Hinweise auf Fortpflanzungserfolg

Die Längenverteilung von Fischen gibt einen Hinweis auf das Vorhandensein verschiedener Altersklassen. Diese sind im Längenhistogramm als Gruppen von Säulen mit hoher Frequenz erkennbar und werden durch Längenbereiche mit niedriger Frequenz unterbrochen. Diese Beurteilung der Längenverteilung wird als Petersen-Methode bezeichnet (BAGENAL 1978). Allerdings überlappen mit zunehmendem Alter der Fische die Längengruppen immer mehr, so dass die Längensklassen nicht mehr klar unterscheidbar sind. Bei der Unterscheidung verschiedener Altersklassen bei Jungfischen ist die Methode sehr gut geeignet.

Bei relativ zahlreichen Arten sind aus der Längenverteilung deutlich mindestens zwei Altersklassen erkennbar, so bei Groppe, Schmerle, Schneider, Barbe, Gründling, Steinbeisser und Alet (Abbildung 10). Dies ist als Hinweis zu werten, dass bei den genannten Arten zumindest in den beiden letzten Jahren die Fortpflanzung erfolgreich war. Bei mehreren Arten ist der jüngste Jahrgang zwar andeutungsweise durch wenige Tiere vorhanden. Sein Anteil am Bestand konnte aber noch nicht beurteilt werden, da ein Grossteil der Fische dieser Altersklasse noch zu klein war, um mit dem Elektrofangergerät erfasst zu werden. Durch die Ergänzung mit Abfischungen zu anderen Jahreszeiten könnten diesbezüglich ergänzende Informationen hinzugewonnen werden. Zudem könnte dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Fische je nach Jahreszeit sehr unterschiedliche Habitate benötigen. An der Emme z. B. variierte die Fisch-Artenszusammensetzung saisonal sehr stark, was durch Abfischungen in verschiedenen Jahreszeiten aufgezeigt werden konnte (GUTHRUF 2002). Durch eine Ergänzung mit einer Befischung vom Boot aus wären zudem Aussagen über das Vorhandensein der älteren Jahrgänge möglich.

Mehrere Arten waren überhaupt nicht (Äsche, Wels, Hecht, Karpfen, Schleie, Zander, Nase, Hasel, Rotaugen, Rotfeder) oder nur durch Einzelexemplare (Egli, Bachneunaugen, Bachforelle, Aal) vertreten. Ob sich diese Arten in der Aare bei Aarau regelmässig fortpflanzen oder ob diesbezüglich Defizite bestehen, kann anhand des vorhandenen Datenmaterials nicht abschliessend beurteilt werden.

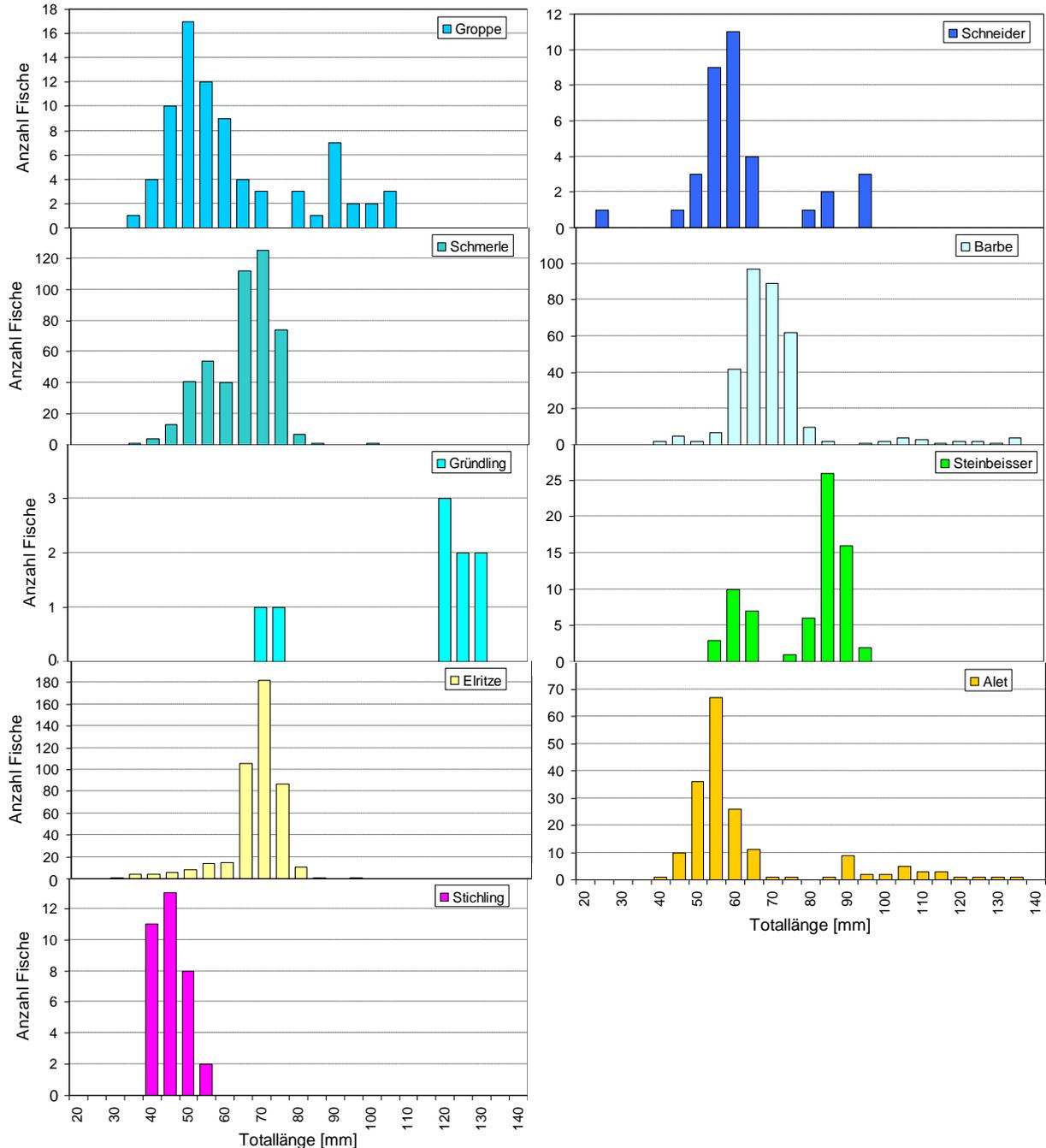


Abbildung 10: Längenverteilung verschiedener Fischarten in der Restwasserstrecke des KW Aarau. Uferbefischungen vom 16. / 18.09.2009.

3.5.1. Fazit Längenverteilung

Da mit Ausnahme der Bachforelle und der Äsche keine weiteren Arten durch Besatz gestützt werden, lässt sich aus dem vorhandenen Datenmaterial ableiten, dass mehrere Arten sich in der Aare mehr oder weniger regelmässig erfolgreich natürlich fortpflanzen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass für typische Flussfischarten wesentliche Habitatstrukturen vorhanden sind. Für eine Defizitanalyse reichen die vorhandenen Daten nicht aus.



Abbildung 11: Die Bachforelle (*Salmo trutta*) ist eine der Arten, die durch Besatz gestützt werden. Die meisten Fischarten der Aare rekrutieren sich aus natürlicher Fortpflanzung. Foto J. Guthruf.

3.6. Zeitliche Veränderung, Vergleich mit der Erhebung 2001/03

Da die Restwassermenge zwischen per 1.1.2006 von 5 auf 10 m³/s erhöht wurde, ist der Vergleich der Artenzusammensetzung zwischen 2003 und 2009 von grossem Interesse.

Im Jahr 2001/03 war die Zahl der nachgewiesenen Arten höher, was angesichts der längeren Zeitdauer der Erhebung und der höheren Gesamtindividuenzahl zu erwarten war (Tabelle 1).

Der Vergleich der Artenzusammensetzung zeigt, dass im Jahr **2001/03** die Elritze mit Abstand häufiger war als im Jahr 2009. Der Alet, wie die Elritze eine ubiquistische Art, die in fließendem und stehendem Wasser leben und sich reproduzieren kann, war am zweithäufigsten. Die dritthäufigste Art war der Gründling, der zu den strömungsliebenden Arten gehört.

Im Jahr **2009** hingegen waren die strömungsliebenden Arten sehr stark durch die Schmerle repräsentiert. Auch die nach der Elritze dritthäufigste Art, die Barbe, gehörte dieser Gruppe an (Tabelle 1).

Tabelle 1: Individuenzahlen pro Art während der Erhebung 2001/03 (vor) und der Uferbefischung 2009 (nach Erhöhung der Restwassermenge von 5 auf 10 m³/s). Daten 2001/03: Arbeitsgruppe naturumwelt 2001/03.

	Aal	Äsche	Alet	Bachforelle	Bachneunauge	Barbe	Dorngrundel	Egli	Elritze	Groppe	Gründling	Hasel	Hecht	Karpfen	Laube	Nase	Rotauge	Schleie	Schmerle	Schneider	Sonnenbarsch	Stichling	Summe
2001/03	74	2	476	80	3	76	102	46	1'975	93	219	16	1	1	4	2	43	1	34	111	8		3'367
2009	1		182	3	5	338	71	1	742	78	9								1'142	35		34	2'643

Teilt man die im Rahmen der beiden Erhebungen gefangenen Fischarten nach Strömungsgilden ein (Abbildung 12), zeigt sich ein vollkommen anderes Bild: Sowohl bezüglich Artenzahl als auch besonders bezüglich Individuenzahl konnten die strömungsliebenden Arten das heisst die typischen Flussfischarten sehr stark profitieren: Während diese Gruppe im Jahr 2001/03 noch weniger als ein Viertel der gesamthaft erfassten Fische ausmachte, erreichte sie im Jahr 2009 über $\frac{2}{3}$ der gefangenen Fische.

Im Gegenzug hat die Gruppe der ubiquistischen Arten, die in strömendem und stehendem Wasser überleben können, von über $\frac{3}{4}$ auf rund $\frac{1}{3}$ abgenommen.

Fischbestände grosser Flüsse sind erheblichen Schwankungen unterworfen, die wiederum durch zahlreiche biotische und umweltbedingte Faktoren beeinflusst werden können. Die Interpretation einer zweimaligen Bestandenserhebung ist deshalb schwierig.

Dennoch ist die beobachtete Veränderung sehr gut durch die Veränderung des Lebensraumes erklärbar, welches infolge der Erhöhung der Restwassermenge eintrat. Durch die höheren Abflüsse nahm die Fläche der Habitats mit höheren Fließgeschwindigkeiten ganz klar zu, wodurch die strömungsliebenden, meist zu den Kieslaichern gehörenden Arten klar bessere Lebensbedingungen vorfanden.

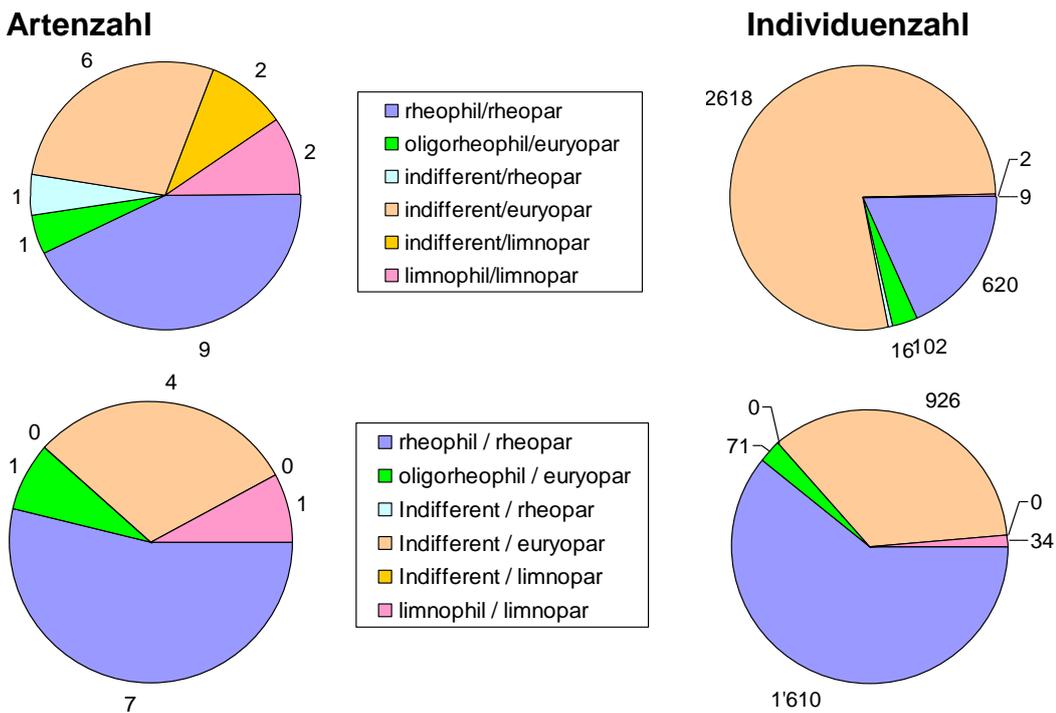


Abbildung 12: Artenzusammensetzung (links) und Individuenzahlen (rechts) sortiert nach Strömungsgilden bei der Erhebung 2001-03 (oben) und bei der Uferbefischung im Jahr 2009 (unten).

3.7. Bei der Uferbefischung erfasste Krebsarten

Im Rahmen der Fischbestandeserhebungen in der Restwasserstrecke (Uferbefischungen) konnten zwei Signalkrebse und ein Kamberkreb erfasst werden. Beide Arten stammen aus Nordamerika und sind Träger der für die einheimischen Krebsarten meist tödlichen Krebspest. Während der Kamberkreb in der Aare im Raum Aarau bereits seit vielen Jahren nachgewiesen ist, befinden sich die nächstgelegenen bisher bekannten Vorkommen des Signalkrebes in der Aare im Raum Solothurn und im Stadtbach bei Baden (STUCKI 2008). Während der Kamberkreb auf stehende Gewässer und langsam fliessende Flüsse begrenzt ist, kann der Signalkreb in Seen und Flüssen leben und kann wegen seiner hohen Toleranz gegenüber tiefen Temperaturen auch in höhere Regionen, bis in den Oberlauf von Bächen vordringen und dort Dohlen- und Edelkrebspopulationen konkurrenzieren (STUCKI & ZAUGG 2005). Damit ist er hinsichtlich der Verdrängung einheimischer Arten noch viel gefährlicher als der Kamberkreb.



Abbildung 13: In der Restwasserstrecke KW Aarau gefangener Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*). Die aus Nordamerika stammende Art ist Trägerin der Krebspest.

3.8. Zusammenfassung der Ergebnisse der Uferbefischung

- Anlässlich der Uferbefischung konnten insgesamt 13 Arten nachgewiesen werden, darunter eine stark gefährdete, zwei verwundbare und vier potenziell gefährdete Arten.
- Beim grössten Teil dieser Rote-Liste-Arten handelt es sich um kieslaichende und strömungsliebende, für die Aare typische Flussfischarten, welche auch zahlenmässig klar dominierten.
- Die Längensverteilung weist darauf hin, dass sich mehrere dieser Arten aus verschiedenen Altersklassen zusammensetzen, was auf erfolgreiche natürliche Fortpflanzung hinweist.
- Die Fischdichte war in strömenden Abschnitten höher als im Rückstaubereich des Kraftwerks Rüchlig.

- Das Fehlen von Strömungsgilden könnte ein Hinweis auf gewässerökologische Defizite sein.
- Entlang von Naturufern dominierten strömungsliebende Arten, während entlang von Blocksatzverbauungen indifferente Arten dominierten, die in strömendem und stehendem Wasser ablaichen und überleben können.

Diese Ergebnisse zeigen, dass noch relativ viele Arten einer für die Aare typischen Fischfauna vorhanden sind. Mehrere davon stehen auf der Roten Liste. Durch Erhöhung der Restwassermenge über das aktuell geltende Niveau von 10 m³/s (ganzjährig) können diese Arten gefördert werden, da die heute limitierenden strömenden Teilstrecken, welche als Laichplätze genutzt werden, quantitativ und qualitativ zunehmen werden.

Die optimale Restwassermenge und das optimale jahreszeitliche Regime kann durch Gewichtung der Habitatansprüche der massgebenden Arten und Berechnung des Habitatangebots für verschiedene Altersklassen dieser Arten ermittelt werden. Da die Morphologie der Restwasserstrecke während der Bauzeit (durch erhöhte Abflüsse) sowie die baulichen Massnahmen des Projekts HWS Olten-Aarau beeinflusst wird, wurde auf eine Simulation im Rahmen der Planungsarbeiten verzichtet. Ein Vergleich zur heutigen Situation wird nicht mehr möglich sein. Bei Bedarf kann nach Bauabschluss eine Simulation durchgeführt werden.

Auch strukturelle Verbesserungen wie die Entfernung heute monotoner Uferbefestigungen oder Ersatz durch ingenieurbioökologische Bauweisen (Raubäume, Totholzbuhnen, Steinbuhnen) tragen zur Förderung dieser Arten bei.

4. Beurteilung der Fischfauna im Raum Aarau

4.1. Fischartenzusammensetzung der Aare im Bereich des Kraftwerks

Im Bereich des KW Aarau konnten 31 Fischarten nachgewiesen werden (Tabelle 2). Diese Artenzahl ist im Vergleich mit anderen grossen Flüssen der Schweiz hoch. Darunter sind drei Arten, welche ursprünglich nicht in der Aare heimisch sind, nämlich die beiden aus Nordamerika stammenden Arten Regenbogenforelle und Sonnenbarsch sowie der im Donauraum und Nordeuropa heimische Zander.

Zahlreiche, meist der typischen Fischfauna grösserer Flüsse angehörende Arten stehen auf der Roten Liste (Tabelle 2).

4.1.1. Vom Aussterben bedroht

Allen voran die vom Aussterben bedrohte **Nase**, von der in der Aare in Aarau zwei Laichplätze bekannt sind (ZBINDEN & HEFTI 2000), nämlich in der Restwasserstrecke und zwischen Kettenbrücke und Zurlindeninsel. Weiter flussabwärts finden sich die nächsten 2 Laichplätze in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Rüchlig und im Bereich der Mündung der Suhre. Letztere wurden sehr häufig frequentiert (ZBINDEN et al. 2005). Die nächsten flussaufwärts gelegenen Laichplätze befinden sich in der oberen Hälfte der Restwasserstrecke des Kraftwerks Gösgen. Allerdings datieren dort die letzten Laichnachweise aus dem Jahr 1996. Noch in den 40er-Jahren war die Nase eine Massenfischart, welche sowohl in den Anglerfängen als auch im Fischaufstieg zu Tausenden vorkam (GUTHRUF 2006).

4.1.2. Stark gefährdet

Eine Art, das **Bachneunauge**, gilt heute als stark gefährdet und wurde im Rahmen der Bestandeskontrolle im Oberwasserkanal (FRIEDL 2009) und in der Restwasserstrecke in zahlreichen Exemplaren nachgewiesen. Während in der Restwasserstrecke nur die Larven (Querder) nachgewiesen werden konnten, konnten im Oberwasserkanal auch adulte Tiere gefunden werden (FRIEDL 2009). Bereits im Rahmen der letzten Kanalabstellung im Jahr 1999 konnte das Bachneunauge beim Wehr Schönenwerd und oberhalb der Zentrale KW Aarau nachgewiesen werden (Daten CSCF SO, AG). Der nächstgelegene Nachweis flussaufwärts stammt aus dem Raum Olten oberhalb des Chessilochs, flussabwärts stammt der nächstgelegene Nachweis aus der Aare aus dem Raum Rohr. Die Art wird nur selten nachgewiesen, was unter anderem der sehr verborgenen Lebensweise und der schlechten Erfassbarkeit mit Elektrofanggeräten zuzuschreiben sein dürfte. Das Bachneunauge kann gefördert werden durch die Schaffung lockerer Kiesflächen, die es als Laichplatz nutzt sowie durch eine Erhöhung der Strömungsvielfalt, was zur Entstehung heterogener Substrate führt.

4.1.3. Verwundbar oder gefährdet

Sechs weitere Arten gelten als verwundbar oder gefährdet, nämlich Aal, Äsche, Dorngrundel, Karpfen, Schneider und der Strömer.

Tabelle 2: Fischartenvorkommen ober- und unterhalb des KW Aarau. Datengrundlagen: ①=GUTHRUF (2006); ②=GUTHRUF (2009), ③=FRIEDL (2009); ④=vorliegende Arbeit. ⑤=Arbeitsgruppe naturumwelt (2001/03). ⑥=GUTHRUF 2009. ⑦= ANONYMUS 2009.

	Gefährdungstatus gemäss Kirchhofer et al. (2007)	① Unterwasser Gösgen (Oberwasser IB Aarau)	① FAH IB Aarau Zentrale (Unterwasser IB Aarau)	② FAH Wehr Schönenwerd Restwasserstrecke IB Aarau	③ Kanalabfischung 2009 (Oberwasserkanäle IB Aarau)	④ Uferabfischung 2009 Restwasserstrecke IB Aarau	⑤ Bestandeserhebung 2001-03 Restwasserstrecke IB Aarau	⑥ Fischaufstieg Wehr 2007	⑦ Fischaufstieg Wehr 2009	Artenzahl
Artenzahl		29	25	26	20	13	21	25	23	31
Aal	verwundbar (3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Alet	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Äsche	verwundbar (3)	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Bachforelle	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bachneunauge	stark gefährdet (2)	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Barbe	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Bartgrundel	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blicke	potenziell gefährdet (4)	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Brachsmen	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Dorngrundel	verwundbar (3)	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Egli	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Elritze	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Felchen	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Groppe	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gründling	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hasel	nicht gefährdet	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Hecht	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Karpfen	verwundbar (3)	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Laube	nicht gefährdet	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Nase	vom Aussterben bedroht (1)	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Regenbogenforelle	zoogeografischer Neuling	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Rotauge	nicht gefährdet	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Rotfeder	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Schleie	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Schneider	verwundbar (3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sonnenbarsch	zoogeografischer Neuling	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Stichling	potenziell gefährdet (4)	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Strömer	verwundbar (3)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Trüsche	nicht gefährdet	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Wels	potenziell gefährdet (4)	0	1	1	1	0	0	1	0	1
Zander	zoogeografischer Neuling	1	1	1	1	0	0	0	1	1

Der **Aal** als katadrome Wanderfischart wird an sehr vielen Stellen entlang der Aare nachgewiesen. Die Dichten, Fangzahlen und Aufstiegszahlen sind aber in allen grösseren Gewässern Europas sehr stark rückläufig. Ein massiver Einbruch der Glasaalbestände, die in den Mündungsgebieten der grossen Flüsse auftauchen, deutet auf einen stark reduzierten Fortpflanzungserfolg hin (DÖNNI et al. 2001). Aus diesem Grund wird die Art heute gesamteuropäisch als verwundbar eingestuft. Der massive Rückgang dürfte unter anderem der hohen Mortalität absteigender geschlechtsreifer Blankaale beim Passieren der Turbinen zuzuschreiben sein. Im Rahmen der Kanalabfischung in diesem Jahr konnten zwei Aale mit Turbinenverletzungen nachgewiesen werden (Friedl 2009). Um die vollständige Ausrottung der Art in Aare und Rhein zu verhindern, müssen die Abstiegsverhältnisse auf der ganzen Wanderstrecke der Aale massiv verbessert werden. Durch den Ersatz vieler, kleiner Turbinen durch einzelne, grosse kann die Mortalität absteigender Aale bei der Turbinenpassage reduziert werden. Aber gerade beim Blankaal, der bei seiner Wanderung ins Meer oft über einen Meter lang ist, reicht dies nicht aus. Es müssen Möglichkeiten gefunden werden, mit deren Hilfe absteigende Aale die Turbinen umgehen können.

Weite Teile der Aare gehörten vor dem Kraftwerksbau der Äschenregion an (ORTLEPP & GERSTER 1998). Entsprechend ist davon auszugehen, dass die Leitfischart dieser Region, die **Äsche**, eine der häufigsten Fischarten war. Durch den Kraftwerksbau verwandelte sich der ursprünglich rasch fliessende Fluss in eine Kette von Stauhaltungen, Werkkanälen und Restwasserstrecken. Durch den Gefälleverlust auf Grund der Energienutzung wechselte die Aare in die Barben- bis Brachsenregion (ORTLEPP & GERSTER 1998). Die Äsche ist entsprechend selten geworden, indem die als Laichplatz notwendigen Flächen mit ausreichend überströmtem Mittel- bis Feinkies massiv zurückgegangen sind (Abbildung 14). Als Folge der Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts durch die zahlreichen Querbauten verschlammten die wenigen noch vorhandenen Kiesflächen (ORTLEPP & GERSTER 1998).

Die Äsche konnte im Jahr 2009 im Rahmen der Kanalabfischung in wenigen Exemplaren nachgewiesen werden, die verschiedenen Altersklassen angehörten (FRIEDL 2009). Auch im Rahmen der Abfischung aus dem Jahr 1999 war die Art nachweisbar (Daten CSCF AG-SO). Aus der Restwasserstrecke des KW Aarau datiert ein Nachweis aus dem Jahr 1985. Flussaufwärts stammt der nächstgelegene Nachweis aus dem Unterwasser des Kraftwerks Gösigen, Flussabwärts aus der Restwasserstrecke des Kraftwerks Rüchlig (Daten CSCF AG-SO, (JEAN-RICHARD 1995). Die Äsche kann durch verschiedene Massnahmen gefördert werden, durch Optimierung des Restwasserregimes in der Restwasserstrecke, durch Verbesserung der Wanderbedingungen in den Fisch-Aufstiegshilfen und durch Verbesserung der Temperaturverhältnisse (Optimierung der Restwassermenge und Vernetzung mit Zu- und Nebenflüssen). Nicht zuletzt trägt die Reaktivierung des Geschiebehaushalts zur Förderung der Art bei (SCHÄLCHLI et al. 2010).



Abbildung 14: Laichende Äschen über kiesigem Substrat in der Aare in Thun, Foto J. Guthruf.

Die **Dorngrundel** (Steinbeisser) konnte sowohl bei der Uferbefischung in der Restwasserstrecke an verschiedenen Orten wie auch im Rahmen der Kanalabfischung (FRIEDL 2009) nachgewiesen werden (Abbildung 15). Aus der letzten Kanalabfischung im Jahr 1999 konnte die Art nicht belegt werden. Möglicherweise wurde die Art damals mit der Schmerle verwechselt. Der nächste Nachweis flussaufwärts datiert aus dem Unterwasser des Kraftwerks Ruppoldingen (1995-2002), der nächste flussabwärts aus der Restwasserstrecke Rüchlig (1998-99). Gemäss einer Dissertation über die Autökologie des Steinbeissers (BOHLEN 2003) benötigt die Art strömungsarme, offene Bereiche, die sich deutlich erwärmen und einen Bestand an dichter Vegetation haben, sowie im Umfeld davon feinkörnige Sandbereiche mit lichter Vegetation. Schutzmassnahmen für den Steinbeisser sollten demnach primär auf die Erhaltung von Gewässern mit kleinräumiger Strukturvielfalt abzielen.



Abbildung 15: Dorngrundel oder Steinbeisser (*Cobitis taenia*) aus der Restwasserstrecke KW Aarau. Foto J. Guthruf.

Der **Schneider** ist eine typische Flussfischart, welche auf Strömung angewiesen ist (Abbildung 16). Als Kieslaicher benötigt die Art auf mässig überströmten, lockeren Kies. Die Art profitiert deshalb wie die anderen Kieslaicher von einer Dynamik der Sohle d. h. von einer Reaktivierung des Geschiebehaushalts. Als Kleinfischart ist seine Schwimmleistung nur sehr begrenzt, weshalb die Art auf Strukturen angewiesen ist, die ihr Strömungsschatten bieten. Vor allem im Bereich von Totholzansammlungen und ins Wasser hängenden Ästen kommen Schneider in hoher Dichte vor (GUTHRUF 2008). Auf ihren Wanderungen sind sie auf Fischwanderhilfen angewiesen, in denen die Fliessgeschwindigkeit ausreichend gedämpft wird. Dies ist am besten in Anlagen mit einer Natursohle gewährleistet. Ein sehr positives Beispiel ist der neu erstellte Raugerinne-Beckenpass beim Wehr Schönenwerd, wo zwischen April und Oktober 2007 1'566 Schneider aufgestiegen sind.



Abbildung 16: Schneider (*Alburnoides bipunctatus*) aus der Restwasserstrecke I KW Aarau. Foto J. Guthruf.

Der **Karpfen** gehört zu den Fischarten, die sowohl in strömenden wie auch in stehendem Wasser leben können, beim Abbläuen aber auf stehendes Wasser angewiesen sind. In der Aare kommt er nur sporadisch vor. Regelmässig konnte die Art bei Zählungen an Fischaufstiegshilfen unter den aufsteigenden Arten registriert werden, sofern die Anlagen gross genug dimensioniert waren. Im gross ausgelegten naturnahen Umgehungsgewässer von Ruppoldingen war seine Aufstiegsfrequenz am höchsten. Beim Wehr Schönenwerd war im Jahr 2007 ein einziger Karpfen aufgestiegen, beim Maschinenhaus fehlte er hingegen unter den aufsteigenden Arten. Der Karpfen konnte weder bei der Kanalabfischung noch im Rahmen der Uferbefischung in der Restwasserstrecke erfasst werden. Im Rahmen der Kanalabfischung im Jahr 1999 wurde die Art aber sowohl beim Wehr Schönenwerd als auch beim Maschinenhaus gefangen. Die nächsten Nachweise flussaufwärts stammen aus Olten und Aarburg (1998) bzw. aus Ruppoldingen (2000). Der nächste Nachweis flussaufwärts liegt bei Holderbank (1999). Zur Förderung dieser gefährdeten Art sind vor allem die bestehenden Fischwanderhilfen dahingehend auszubauen, dass auch Karpfen zu den aufsteigenden Arten gehören.

Der **Strömer** konnte in der Aare nur sehr sporadisch nachgewiesen werden, nämlich im Bereich der Murg-Mündung bei Murgenthal und im Raum Aarburg (Abbildung 17). Eine weitere Beobachtung datiert aus dem Jahr 1991 im Bereich der Suhre-Mündung (JEAN-RICHARD 1995). Zudem gibt es einzelne Beobachtungen im Rahmen der Fischaufstiegskontrollen aus dem Jahr 1991 (JEAN-RICHARD 1995) und 2005 (GUTHRUF 2006), allerdings sind die letzten Beobachtungen nicht durch Fotos belegt, weshalb diese Nachweise wegen der relativ schwierigen Unterscheidung vom Schneider eher unsicher sind. Noch stärker als der Schneider benötigt der Strömer tiefe Pools und Strukturelemente wie Totholz (WINKLER 1995; SCHWARZ 1996). Als Kieslaicher braucht er lockeren Kies geeigneter Korngrösse, was passende Strömungsverhältnisse und eine intakte Geschiebedynamik erfordert.



Abbildung 17: Strömer (*Leuciscus souffia agassizii*) aus der Aare zwischen Thun und Bern.
Foto J. Guthruf.

4.1.4. Potenziell gefährdet

Unter den in der Aare vorkommenden Fischen befinden sich sieben potenziell gefährdete Arten: Bachforelle, Barbe, Blicke, Felchen, Groppe, Stichling und Wels.



Abbildung 18: Barbe (*Barbus barbus*) aus der Restwasserstrecke KW Aarau. Foto J. Guthruf.

Dabei ist vor allem die **Barbe** zu erwähnen, die Leitfischart der Barbenregion (Abbildung 18). Die Art gehörte noch vor wenigen Jahren zu den mit Abstand häufigsten Arten in der Aare zwischen Bielersee und der Mündung in den Rhein. Der Entwicklung der Aufstiegszahlen an den Fischpässen wie auch der Anglerfänge ist zu entnehmen, dass die Bestände der Art stark rückläufig sind. Somit droht einer weiteren typischen Flussfischart, die im Kies laicht, ein ähnliches Schicksal wie der Äsche, der Nase und dem Strömer. Aus diesem Grund ist auch diese Art unter den Zielarten des Projekts aufzuführen. Als kieslaichende Art profitiert sie stark von einer Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare. Die ökologischen Ansprüche dieser Art sowie die Möglichkeiten einer Förderung sind im Detail in (GUTHRUF 2006) zusammengefasst.

Lediglich 13 Arten, das heisst weniger als die Hälfte aller vorkommenden einheimischen Fischarten stehen nicht auf der Roten Liste (Tabelle 2).

Die vorkommende Artengemeinschaft umfasst viele seltene und bedrohte Fischarten, welche zum Teil nur noch als Restpopulationen vorhanden sind. Dabei sind vor allem die für diese Gewässerstrecke typischen Flussfischarten wie Äsche, Barbe, Nase, Bachneunauge, Schneider und Strömer zu erwähnen. Durch Erhöhung der Restwassermenge und Anpassung an das natürliche Abflussregime, durch Beseitigung morphologischer Defizite, durch Wiederherstellung des Kontinuums innerhalb der Aare, ihren Zuflüssen und Seitengewässern sowie durch eine Reaktivierung des Geschiebehaushalts können diese Arten gefördert werden. Das Potenzial ist auf Grund der naturnahen Ufer der Restwasserstrecke vorhanden. Die Bestimmung der erforderlichen Restwassermenge muss deshalb sorgfältig unter Zuhilfenahme der Habitatsansprüche der entsprechenden Arten ermittelt werden.

4.2. Fischregionsindex FRI

Die Aare unterhalb der Emmemündung gehörte in ihrem ursprünglichen Zustand auf Grund ihrer Gefälleverhältnisse und Breite (siehe HUET 1949; HUET 1962) der Äschenregion an (ORTLEPP & GERSTER 1998). Der Fischregionsindex ist eine geeignete Grösse, um zu beurteilen, wie weit die heutige Fischfauna vom ursprünglichen Zustand entfernt ist.

Für diese Beurteilung wurden sechs verschiedene Datengrundlagen verwendet (Abbildung 19):

Fischaufstiegskontrollen beim Maschinenhaus (FAH MH 2005, GUTHRUF 2006a), Fischaufstiegskontrollen beim Wehr Schönenwerd (FAH W 2007, GUTHRUF 2009); FAH W 2009, FV Schönenwerd 2009), Uferbefischung Restwasserstrecke (RWS 2001-03, Arbeitsgruppe naturumwelt 2001/03; RWS 2009 (GUTHRUF 2009), Abfischung Oberwasserkanal (OWK 2009, FRIEDL 2009).

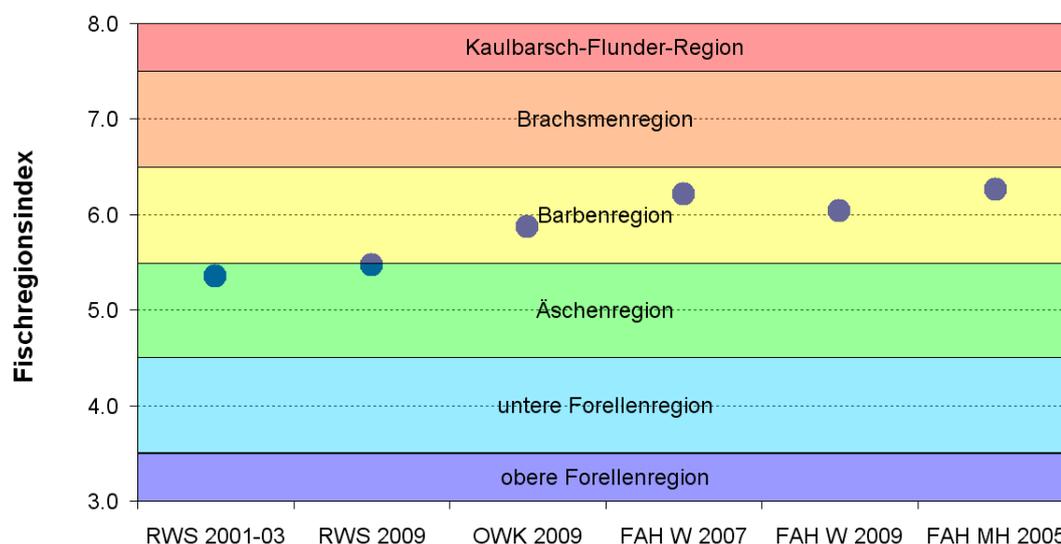


Abbildung 19: Beurteilung der Fischartengemeinschaft im Bereich des KW Aarau anhand ihrer Zugehörigkeit zu einer oder mehrerer Fischregionen anhand des Fischregionsindex FRI. RWS = Restwasserstrecke, OWK = Oberwasserkanal, FAH = Fischaufstiegshilfe, W = Wehr, MH = Maschinenhaus.

Aus dieser Beurteilung ist klar ersichtlich, dass die Mehrheit der ausgewerteten Datensätze die Gewässerstrecken ganz klar als Barbenregion charakterisieren und damit die Beurteilung auf Grund des Gefälles und der Breite nach (HUET 1949; HUET 1962) klar bestätigen. Einzig die Restwasserstrecke, welche im Übergangsbereich zwischen Äschen- und Barbenregion zu liegen kommt, weist Elemente der ursprünglichen Artengemeinschaft auf, was als Hinweis auf das gewässerökologische Potenzial dieser Strecke zu werten ist. Allerdings wäre für eine repräsentative Beurteilung der Artenzusammensetzung auch eine Bootsbefischung notwendig. Bezüglich FRI sind in der Restwasserstrecke zwischen 2001 und 2009 keine wesentlichen Änderungen erkennbar. Wegen der höheren Anteile von Elritze und Bachforelle lag der FRI im Jahr 2001 klar im Bereich der Äschenregion.

Durch eine Optimierung des Restwasserregimes an die ökologischen Ansprüche der massgebenden Arten gemäss Restwasserbericht kann die Situation (ausgedrückt durch den FRI) massgeblich verbessert werden. Dabei sind primär die Strömungskriterien zu gewichten. Da mehrere der massgebenden Arten zu den kälteliebenden Arten gehören (Äsche, Bachforelle, Groppe), muss auch die Temperatur berücksichtigt werden.

5. Laichhabitat für Kieslaicher - Kolmation der Sohle

5.1. Restwasserstrecke KW Aarau

Erhebungen am 21. Dezember 2009 zur Eignung der Aaresohle in der Restwasserstrecke für Kieslaicher lieferten ein positives Bild: Es gibt zahlreiche Flächen mit idealer Korngrösse für kieslaichende Arten. Allerdings ist an vielen Stellen mit idealer Korngrösse die Fließgeschwindigkeit heute bei Restwasserbedingungen ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) zu gering, dass kieslaichende Fischarten effektiv ablaichen können. Bei Äschen beispielsweise sind Fließgeschwindigkeiten von mehr als 10 cm/s über der Gewässersohle erforderlich, (GUTHRUF 1996), bei Bachforellen noch mehr (Guthruf 2002a). Zudem war die Sohle in Bereichen mit für Kieslaicher günstiger Korngrösse an den meisten Stellen nur leicht kolmatiert, an einer Stelle am rechten Ufer im Bereich der Kantonsgrenze war sie sogar vollkommen unkolmatiert (Abbildung 20). Die Voraussetzungen für kieslaichende Fischarten sind somit sehr günstig, abgesehen von den grösstenteils zu niedrigen Fließgeschwindigkeiten.

In der gesamten Restwasserstrecke konnten keine Bachforellen-Laichgruben gefunden werden.

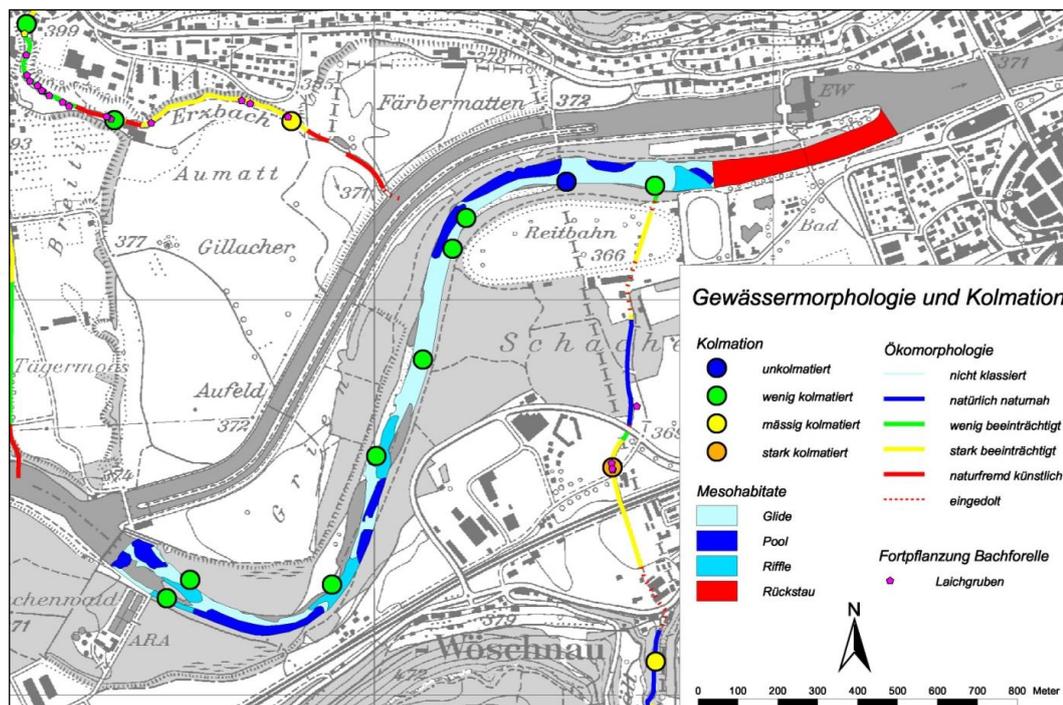


Abbildung 20: Kolmation der Sohle in der Restwasserstrecke KW Aarau, im Erzbach und im Roggenhuserbach sowie bei der Kartierung gefundene Bachforellenlaichgruben. Hintergrundinformation: Ufertypen und Mesohabitate in der Restwasserstrecke sowie Ökomorphologie der Bäche. Erhebungen zur Kolmation: 21.12.2009.

Auf Grund der durchwegs geringen Dichten der Bachforelle in Bestandeskontrollen, Uferbefischung, Kanalabfischung und Fischaufstiegskontrollen (Kapitel 4.1) war auch nicht von einer umfangreichen Laichtätigkeit der Art auszugehen.

5.1.1. Überlegungen im Zusammenhang mit dem Restwasserregime

Die zeitliche Staffelung der Restwasserdotation hat einen grossen Einfluss auf die Qualität der Strecke als Habitat für Fischarten:

Durch höheren Abfluss während der Laichzeit erhöht sich generell die Fliessgeschwindigkeit über der Sohle. Da die Korngrößenverteilung und Lockerheit bereits unter heutigen Bedingungen an vielen Stellen geeignet für Kieslaicher (Leitarten Äsche, Barbe) ist, aber die Fliessgeschwindigkeiten zu gering sind, wirkt die Dotation heute als limitierender Faktor für das Angebot an Laichplätzen für Kieslaicher. Durch erhöhte Dotation während der Laichzeit (März bis Juni) kann das Laichplatzangebot für die wichtigen kieslaichenden Arten verbessert werden.

Da in der Strecke mehrere rheophile Kieslaicher vorkommen (Äsche, Alet, Bachneunauge, Bachforelle, Barbe, Gründling, Nase, Schmerle, Schneider) und auch die Groppe, die in Höhlen unter grösseren Steinen ablaicht, von erhöhter Dotation profitieren kann, ist diesem Umstand grosses Gewicht beizumessen. Um das Laichplatzangebot für die wichtigen kieslaichenden Arten zu verbessern, wäre eine erhöhte Dotation in den Monaten März bis Juni von grossem Vorteil. Die Bachforelle wurde dabei nicht berücksichtigt, da die Art in der gesamten Aarestrecke unterhalb des Bielersees nur noch sehr selten ist, auch in Abschnitten mit natürlichem Abflussregime (GUTHRUF 2006a).

Tabelle 3: Laichzeiten gemäss Angaben aus LADIGES & VOGT (1979) MUUS & DAHLSTRÖM (1968), zum Teil korrigiert entsprechend bekannten Laichzeiten von Populationen aus der Aare.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Äsche						■	■	■	■			
Alet							■	■	■	■		
Bachneunauge						■	■	■	■	■		
Bachforelle		■	■	■	■							
Barbe								■	■	■	■	
Gründling									■	■		
Nase						■	■	■	■			
Schmerle							■	■	■			
Schneider								■	■	■		
Groppe						■	■	■	■			

Weiter leben in der Restwasserstrecke mit Äsche, Bachforelle, Trüsche und Schneider mehrere Fischarten, die sauerstoffreiches, kühles Wasser bevorzugen (Abbildung 21). Wenn sich durch erhöhte Dotation das Wasser in der Restwasserstrecke weniger stark erwärmt, kann eine Ausdehnung einer erhöhten Dotation auf die heissesten Monate (Juni - August) zu einer Erhöhung der Artenvielfalt beitragen.

Im Rahmen von Untersuchungen an der Emme (SO) konnte nachgewiesen werden, dass sich das Wasser mit abnehmender Dotierung signifikant stärker erwärmte (GUTHRUF 2002b). Neben der Dotierung spielen auch Grundwasseraufstösse eine entscheidende Rolle. In speziellen Fällen kann durch erhöhte Dotierung von (warmem) Oberflächenwasser im Sommer eine Erwärmung herbeigeführt werden, da der Einfluss kalten Grundwassers vermindert wird. Im hydrogeologischen Gutachten (siehe Restwasserbericht) werden solche Grundwasseraufstösse nachgewiesen. Wie stark das Temperaturregime von der Restwassermenge letztendlich beeinflusst wird, ist nur durch Temperaturmodellierung eruierbar.

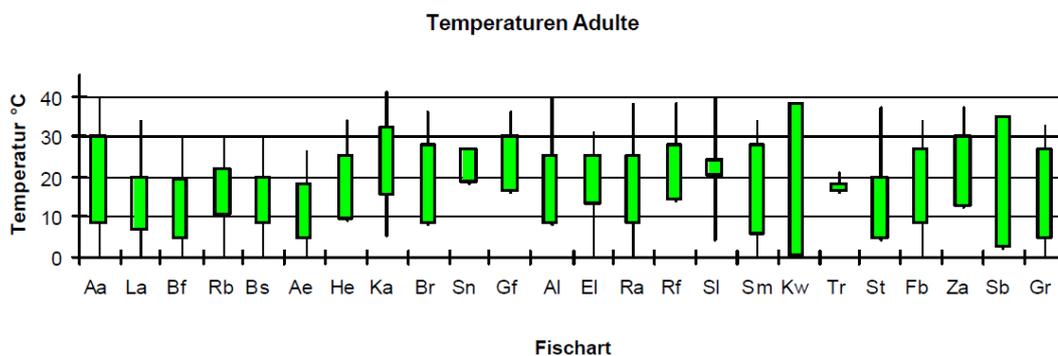


Abbildung 21: Optimaltemperaturen (Boxen) und Temperaturgrenzen (Ende der feinen Striche) für das Adultstadium; aus KÜTTEL et al. (2002). Aa = Aal, La = Lachs, Bf = Bachforelle, Rb = Regenbogenforelle, Bs = Bachsaibling, Ae = Äsche, He = Hecht, Ka = Karpfen, Br = Brachsmen, Sn = Schneider, Gf = Goldfisch, Al = Alet, El = Elritze, Ra = Rotauge, Rf = Rottfeder, Sl = Schleie, Sm = Schmerle, Kw = Katzenwels, Tr = Trüsche, St = Stichling, Fb = Flussbarsch, Za = Zander, Sb = Sonnenbarsch, Gr = Groppe.

5.2. Zuflüsse

Von den Zuflüssen auf dem Konzessionsgebiet des KW Aarau weisen eigentlich nur deren drei ein grösseres Einzugsgebiet und eine entsprechende Wasserführung auf, so dass Fische in höherer Dichte darin vorkommen können, der Erzbach, der Roggenhuserbach und der Dubenmoosbach. Da der letzte kurz vor der Mündung in die Aare einen steilen Hang quert, sind die Möglichkeiten, diesen Bach einer Fischfauna zugänglich zu machen, sehr begrenzt. Es bleiben deshalb der Erzbach und der Roggenhuserbach.

Um das Potenzial der beiden Gewässer als Laichhabitat für Kieslaicher auszuloten, wurden beide Gewässer am 21.12.2009 bis zum untersten unüberwindbaren Hindernis, welches nur mit sehr grossem Aufwand fischgängig gemacht werden kann, auf Kolmation der Sohle und auf das Vorhandensein von Bachforellen-Laichgruben untersucht. Beim Erzbach wurden die untersten 1'240 m, beim Roggenhuserbach die untersten 1'285 m aufgenommen

Der Erzbach wies im untersten, ökomorphologisch stark beeinträchtigten und kanalisierten Abschnitt eine mässig kolmatisierte Sohle auf. In den beiden oberen ebenfalls morphologisch stark beeinträchtigten Strecken war die Sohle aber nur wenig kolmatisiert (Abbildung 20, Tabelle 4). Der Kies konnte leicht bewegt werden.

Sowohl in den morphologisch wenig beeinträchtigten als auch in den stark beeinträchtigten Abschnitten befanden sich Bachforellenlaichgruben. Allerdings war die Dichte in den wenig beeinträchtigten Abschnitten 2.5-mal so hoch als in den stark beeinträchtigten. In den als naturfremd/künstlich klassierten Abschnitten konnte keine einzige Laichgrube gefunden werden. Im Vergleich mit anderen guten Bachforellengewässern können diese Dichten als durchschnittlich bis gut bezeichnet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass kein einziger Abschnitt des Erzbaches natürlich/naturnah war und die Tiefenvariabilität mit wenigen Ausnahmen eingeschränkt war. Diese Ergebnisse zeigen, dass der Bach geeignete Substratverhältnisse für Kieslaicher aufweist und bereits im heutigen Zustand einen nicht zu vernachlässigenden Bestand an Laichtieren beherbergt. Auf Grund der heute überwiegend kritischen morphologischen Verhältnisse (78% der Bachstrecke stark beeinträchtigt, naturfremd / künstlich oder eingedolt) weist der Bach ein sehr grosses Verbesserungspotenzial auf. Die mehr als doppelt so hohe Laichgrubendichte in den wenig beeinträchtigten Abschnitten gibt Anhaltspunkte, was aus dem Gewässer durch Renaturierung zu machen wäre.

Tabelle 4: Ökomorphologische Klassierung des Erzbaches auf den untersten 1240 m und Laichgrubendichte nach Ökomorphologieklassen getrennt. Laichgrubenkartierung vom 21.12.2009. Ökomorphologie-Daten aus dem Jahr 2000: Aquatica, AquaPlus, HYD-RA.

ökomorphologische Klassierung	Streckenlänge [m]	Anteil	Anz. Laichgruben	Laichgruben/km
natürlich / naturnah	0	0%	0	0.0
wenig beeinträchtigt	270	22%	11	40.7
stark beeinträchtigt	610	49%	10	16.4
naturfremd / künstlich	310	25%	0	0.0
eingedolt	50	4%	0	0.0

Im heutigen Zustand können Fische aus dem Oberwasserkanal aber kaum in den Bach einsteigen, da das Gewässer auf den untersten 27 m eingedolt ist. Es folgen 190 m, wo der Bach in einem Beton-Trapezprofil fliesst. Wegen des flachen Bodens ist bei Normalabfluss das Wasser so seicht, dass Fische nicht aufsteigen können. Zudem ist dieser Abschnitt frei von Strömungsschatten und Unterständen (Abbildung 22). Im Bereich des Weihers kommt eine breite und steile Überfallkante hinzu, welche bei den meisten Abflüssen für aufsteigende Fische ein unüberwindbares Hindernis darstellt.

Durch die geplante Überführung des untersten, 180 m langen Abschnittes in einen naturnahen Zustand können über 1 km des Bachlaufes für aufsteigende Fische aus der Aare zugänglich gemacht werden. Die flussaufwärts folgende naturfremde und weiter oben stark beeinträchtigte Strecke weist am linken Ufer gegen einen bewaldeten Hang hin Befestigungen aus undurchlässigem Blocksatz auf. Auch hier ist das Aufwertungspotenzial erheblich, ohne Beeinträchtigung der Hochwassersicherheit. Durch die beschriebenen Renaturierungsschritte könnte das Gewässer als Laichgewässer für Kieslaicher, aber auch als Refugium für kälteliebende Salmoniden in heissen Sommern von Bedeutung werden.

Auch wenn der Bach mit einer Breite von 2 m und einem Gefälle von rund 10‰ der unteren Forellenregion zuzurechnen ist, ist durchaus denkbar, dass das Gewässer temporär oder sogar dauerhaft auch von Äschen und andere Arten besiedelt wird, insbesondere, wenn der Unterlauf in einen naturnahen Zustand zurückversetzt wird. Da dieser Abschnitt wegen des Aarekanals auf sehr hohem Niveau über dem Schotter der Aareebene verläuft, müsste das neue Gerinne gegen unten abgedichtet werden, dass das Wasser nicht im Schotter versickert.



Abbildung 22: Erzbach verläuft auf den untersten 180 m in einem steilen Beton-Trapezprofil. Am oberen Ende, Mitte Bild oben, ist der Ausfluss aus dem Weiher erkennbar.

Der Roggenhuserbach ist auf den untersten knapp 700 m mehrheitlich eingedolt. Flussaufwärts folgt in einem Waldstück eine offene naturnahe Strecke. Der flussaufwärts anschließende Teil ist mehrheitlich stark beeinträchtigt, kanalisiert und hart verbaut, meist mit undurchlässig verlegten (verfugten) Blöcken teils mit Betonhalbschalen. Auf der ganzen Strecke unterhalb der Hauptstrasse ist das Gewässer nur durch sehr geringes Gefälle geprägt. Kiesablagerungen konnten nur an wenigen Stellen punktuell gefunden werden. Diese Ablagerungen waren stark kolmatiert. Auf all diesen Kiesablagerungen konnten Laichgruben gefunden werden (Abbildung 20). Im Bereich der Staatsstrasse in Wöschnau ist der Bach auf einer Länge von 180 m eingedolt. Bachaufwärts folgt ein Geschiebesammler. Darin dürfte auch der Grund liegen für die starke Kolmation im Unterlauf. Bereits oberhalb des Sammlers in einer naturnahen Strecke war der Kies mässig kolmatiert.

Eine Offenlegung der eingedolten Abschnitte im Unterlauf und eine bessere Anbindung an die Aare empfiehlt sich auch bei diesem Bach, da ein für Fische geeignetes Gewässer erschlossen werden könnte. Wegen des sehr geringen Gefälles und der mit wenigen Ausnahmen verschlammten Sohle ist der Roggenhuserbach als Laichgewässer für Kieslaicher von untergeordneter Bedeutung. Eine Aufhebung des Geschiebesammlers ist wegen des sehr geringen Gefälles im Unterlauf aus Hochwasserschutzgründen wahrscheinlich nicht möglich.

Wegen des weitgehend bewaldeten Einzugsgebiets ist auch im Sommer von einer tiefen Wassertemperatur auszugehen, weshalb der Bach als Refugium für kälteliebende Arten interessant werden kann. Wegen der relativ geringen Wasserführung dürfte die Anbindung an die Aare eine Herausforderung darstellen. Möglicherweise ist auch bei optimaler baulicher Ausgestaltung der Einstieg nicht bei allen Abflüssen gewährleistet.

Obwohl aus gewässerökologischer Sicht beide Gewässer mit der Aare vernetzt werden sollten, hat der Erzbach ganz klar Priorität.

5.3. Schaffung eines Umgehungsgerinnes im Schönenwerder Schachen

Die Revitalisierung von Auengewässern erwies sich als sehr erfolgreich, wie das Beispiel des Wildibachs bei Brugg verdeutlicht (BOLLER & WÜRMLI 2004). Der 1'300 m lange Bach wurde als Revitalisierungsmassnahme im Rahmen des Auenschutzparks Aargau künstlich geschaffen und Ende Dezember 2003 geflutet.

Bereits wenige Monate nach Fertigstellung (April bis September 2004) konnten im Rahmen von 22 Abfischungen insgesamt 24 Fischarten nachgewiesen werden, darunter gemäss aktueller Roter Liste (KIRCHHOFER et al. 2007) eine vom Aussterben bedrohte (Nase), eine stark gefährdete (Bachneunauge) und 5 verletzte (gefährdete) Arten (Äsche, Dorngrundel, Schneider, Karpfen, Aal).

Während die Diversität der Fischfauna bereits 4 Monate nach der Flutung sehr hoch war und im Verlauf des Jahres auch nicht weiter zunahm, konnte bei dem Makrozoobenthos im Laufe des Sommers eine Diversifizierung nachgewiesen werden, indem eine einseitige Verteilung der funktionellen Ernährungsgruppen durch eine ausgeglichene Verteilung mit mehr Gruppen abgelöst wurde.

Bei der räumlichen Verteilung der Fische spielten im Wildibach Pools eine entscheidende Rolle, wie Analysen mit multipler Regression zeigten (BOLLER & WÜRMLI 2004). Daneben spielten Totholz, Wasserpflanzen, unterspülte Ufer und überhängende Vegetation eine wichtige Rolle als Fischhabitate.

Berücksichtigt man, dass der Abfluss des Wildibachs ($0.53 \text{ m}^3/\text{s}$) nur etwa $\frac{2}{3}$ des minimalen Abflusses des Umgehungsgerinnes im Schönenwerder Schachen ($0.8 - 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$) betrug, so sind die Aussichten günstig, dass die Artenvielfalt im Schönenwerder Schachen mindestens so hoch sein wird wie im Wildibach. Der Artenpool der Aare ist mit 31 Arten auch im Raum Schönenwerd sehr hoch.

Durch die Gestaltung des Gerinnes (Häufigkeit und Ausprägung von Biegungen, Verzahnung mit dem Ufer, Breiten- und Tiefenvariabilität, Variabilität der Böschungsneigung und des Gefälles, Totholz, Unterspülte Ufer, Wasserpflanzen) kann die Habitatdiversität und damit auch die Artenvielfalt positiv beeinflusst werden.

Beim mittleren Gefälle von 1.2‰ und einer Breite zwischen 1.2 und 2.4 m entspricht das Umgebungsgewässer einem Bach der unteren Barbenregion. Durch Variierung des Teilgefälles, das heisst durch einen Wechsel zwischen sehr flachen und relativ steilen Teilstrecken (bis 3‰) kann gewährleistet werden, dass Laichplätze für Kieslaicher entstehen.

Bei der Verlegung der Durchlässe ist darauf zu achten, dass das Metall bei allen Abflüssen (WARREN & PADREW 1998; ANONYMUS 1999; ANONYMUS 2004; SCHWEVERS et al. 2004; AMMANN 2006) mit einer genügend mächtigen Substratschicht überdeckt ist. Fehlt eine solche, kann der Durchlass als Wanderhindernis für aufsteigende Fische wie Groppe und Schmerle wirken.

Neben seiner Funktion als Fischhabitat kommt dem Gewässer auch eine grosse Bedeutung als Wanderkorridor für Fische und Wasserwirbellose zu.

6. Passierbarkeit des KW Aarau für wandernde Fische

6.1. Technische Bewertung des geplanten Vertikalschlitzpasses

Basierend auf einer Literaturstudie, in welcher Daten einer grossen Zahl von Fischaufstiegshilfen (FAH) ausgewertet wurden, wurden Kriterien für eine technische Bewertung ausgearbeitet (SCHWEVERS & ADAM 2006). Auch wenn die Studie im EU-Raum noch nicht Richtliniencharakter hat (dazu ist noch eine Vernehmlassung notwendig), wird sie dennoch für die Bewertung der Anlagen des KW Aarau verwendet. Erfahrungen wurden im Rahmen koordinierter Zählungen an 15 Fischpässen am Hochrhein gemacht: Ein Mittelwert der verschiedenen technischen Beurteilungskriterien nach SCHWEVERS & ADAM (2006) korrelierte hoch signifikant mit der Bewertung anhand des Fischaufstiegs.

Anhand der Bewertung nach SCHWEVERS & ADAM (2006) und weiterer Fachberichte (LARINIER 1983; LARINIER & MARMULLA 2002) wurden die geplanten Fischpässe beurteilt und soweit möglich bewertet.

6.1.1. Bewertung der beiden Vertikalschlitzpässe

Typ: Vertikalschlitzpässe sind auch bei variablem Pegel im Oberwasser und im Unterwasser funktionstüchtig. Lediglich durch eine naturnahe Ausführung (Raugerinne-Beckenpass oder naturnahes Umgehungsgewässer) könnte eine weitere Verbesserung erzielt werden.

Sohle: Die Natursohle bewirkt eine Reduktion der Fließgeschwindigkeit über dem Grund, was Vorteile für schwache Schwimmer (Kleinfischarten und Jungfische) hat. Damit verbessern sich die Wandermöglichkeiten für sohleungebundene Arten (Groppe, Schmerle, Bachneunauge, Steinbeisser).

Tabelle 5: Bewertungsschema nach SCHWEVERS & ADAM (2006). A = sehr gut, B = gut, C = mässig; D = unbefriedigend, E = schlecht.

Bewertungsklassen nach Schwevers & Adam (2006)	Kriterien	A	B	C	D	E
	Höhendifferenz Becken [m]	< 0.13	0.13	0.13 - 0.16	0.16 - 0.20	> 0.20
	Schlupfloch-Breite [m]	> 0.60	0.30 - 0.60	0.23 - 0.30	0.15 - 0.23	< 0.15
	Länge Becken [m]	> 4.00	2.80 - 4.00	2.10 - 2.80	1.40 - 2.10	< 1.40
	Breite Becken [m]	> 3.00	1.80 - 3.00	1.35 - 1.80	0.90 - 1.35	< 0.90
	Wassertiefe Becken [m]	> 0.50	0.50	0.38 - 0.50	0.25 - 0.38	< 0.25
	V _{max} Schlitz [m/s]	< 1.6	1.60	1.60 - 1.80	1.80 - 2.00	> 2.00
	Leistungsdichte [W/m ³]	< 100	100	100 - 125	125 - 150	> 150

Bewertung der beiden FAH bei der Zentrale des Kraftwerks IBAAarau	Kriterien	linkes Ufer			rechtes Ufer		
	Höhendifferenz Becken [m]	0.12	A	4	0.12	A	4
	Schlupfloch-Breite [m]	0.30	B	3	0.30	B	3
	Länge Becken [m]	3.00	B	3	3.00	B	3
	Breite Becken [m]	2.00	B	3	1.80	B	3
	Wassertiefe Becken [m]	1.23	A	4	1.26	A	4
	V _{max} Schlitz [m/s]	1.56	A	4	1.55	A	4
	Leistungsdichte [W/m ³]	84.00	B	4	91.00	A	4
Mittelwert	A	3.57	A	3.57			

Mit den geplanten Vertikalschlitzpässen werden bezüglich aller Parameter Bewertungen zwischen "gut" und "sehr gut" erzielt.
Im Durchschnitt erhalten beide FAH eine Bewertung als "sehr gut" (Tabelle 5). Die Passierbarkeit für die beiden Langdistanzwanderer Lachs und Meerforelle ist in beiden FAH gewährleistet.

6.1.2. Dotierung, Lockwasserzugabe

Die Auffindbarkeit einer FAH wird ganz wesentlich durch die Leitströmung bestimmt. Neben der baulichen Ausgestaltung des Einstiegsbereichs im Unterwasser wird die Qualität der Leitströmung vor allem durch die Dotierung der Anlage beeinflusst. Gemäss Anforderungen von Larinier (1983) müsste der Abfluss via Fischpass inkl. Lockwasserzugabe während der Hauptaufstiegsphase der Fische zwischen 1 und 5% des Abflusses im Unterwasser des Maschinenhauses (QMH) betragen. Gemessen an den Abflussdaten in Aarau aus den Jahren 1975 - 2007 muss die FAH mit 1.0 bis 5.2 m³/s dotiert werden, um 1% des Abflusses der Aare beim Maschinenhaus (abzüglich Abfluss durch die Restwasserstrecke) zu erreichen. Berücksichtigt man, dass Fische bei starkem Hochwasser kaum noch flussaufwärts wandern (Guthruf 2006; Guthruf 2008), so sollte die FAH auf Abflüsse innerhalb des 10% und des 90%-Quantils während der Migrationsphase ausgelegt werden. Entsprechend ist je nach Abfluss der Aare eine Dotation zwischen 1.7 und 4.0 m³/s erforderlich (inkl. Lockwasserzugabe). Diesen Anforderungen wird bei der linksseitigen Haupt-Aufstiegsroute Rechnung getragen, indem das notwendige Wasser mit Hilfe einer Lockwasserpumpe ins Einstiegsbecken zudotiert wird (Tabelle 6).

Für das neu entwickelte Prinzip der Lockstropmpumpe nach dem Ventouri-Prinzip liegt bis heute erst eine Erfolgskontrolle vor, an der Drau beim Kraftwerk Villach in Österreich. In der Schweiz sind zurzeit noch keine Anlagen in Betrieb. Aus diesem Grund muss die Anlage beim KW Aarau als Pilotanlage betrachtet werden.

Tabelle 6: Abfluss der Aare bei der Zentrale KW Aarau (Mittelwert Murgenthal und Brugg 1975 - 2007 abzüglich der Restwassermenge nach dem neuen Regime) und erforderliche Dotation der FAH, um die von LARINIER (1983) geforderten Anteile zu erreichen. Migrationsphase *: 15. April - 31. Oktober.

	Q _{MH}		5% Gesamt-Q	1% Gesamt-Q	
Jahresmittel	272	m ³ /s	13.6	2.7	m ³ /s
Mittelwert Migrationsphase *	294	m ³ /s	14.7	2.9	m ³ /s
Maximum Migrationsphase *	525	m ³ /s	26.2	5.2	m ³ /s
Minimum Migrationsphase *	103	m ³ /s	5.1	1.0	m ³ /s
90% Quantil Migrationsphase *	400	m ³ /s	20.0	4.0	m ³ /s
10% Quantil Migrationsphase *	170	m ³ /s	8.5	1.7	m ³ /s

Die rechtsseitige FAH wird mit 0.5 m³/s dotiert. Bei hohem Abfluss der Aare wird eine zusätzliche Lockwassermenge von 0.5 m³/s ins unterste Becken zugegeben.

6.1.3. Einstieg

Die Situation des Kraftwerks mit einer Stillwasserzone am linken Ufer stellt relativ hohe Anforderungen an eine FAH hinsichtlich ihrer Auffindbarkeit. Der Einstieg am linken Ufer, an der Stelle, wo die Strömung der Turbinen auf das linke Ufer trifft, ist korrekt. Die Ausrüstung mit mehreren, durch Schieber regulierbaren Einstiegöffnungen ist eine gute Lösung, da die Stelle, wo die Turbinenströmung auf das linke Ufer auftrifft, auch mit der 2D-Modellierung nicht auf den Meter genau bestimmt werden kann und zudem mit dem Abfluss der Aare variiert. Der beidseitig geplante Sohlenanschluss gewährleistet, dass auch sohlengebundene Fischarten unter den Aufsteigern zu erwarten sind.

Wegen der erwähnten Ruhigwasserzone, muss der linksseitige Einstieg 25 - 37 m unterhalb des Saugschlauchendes der Turbinen positioniert werden. Ein Teil der Fische wird deshalb der Hauptströmung der Turbinen folgen. Dank des geplanten Vertikalschlitzpasses am rechten Ufer steht diesen Fischen eine zusätzliche Einstiegsmöglichkeit direkt beim Saugschlauchende der Turbinen zur Verfügung.

Wegen der besseren Anbindung ans Ufer - die rechtsseitige FAH liegt auf einer "Insel" und kann von längs dem Ufer wandernden Fischen nur durch Querung des Unterwasserkanals erreicht werden – wird die linksseitige FAH als Haupt-Aufstiegsroute definiert mit einer Lockwasserzugabe gemäss LARINIER (1983) versehen.

Aktuelle Fischaufstiegskontrollen an der Aare bei Ruppoldingen (GUTHRUF 2006a) und am Rhein bei Rheinfelden (pers. Mitt. Jochen Ulrich, Energiedienst Holding) bestätigen, dass mit hohem Abfluss dotierte FAH auch stark frequentiert werden, wenn sich der Einstieg relativ weit unterhalb des Hindernisses befindet.

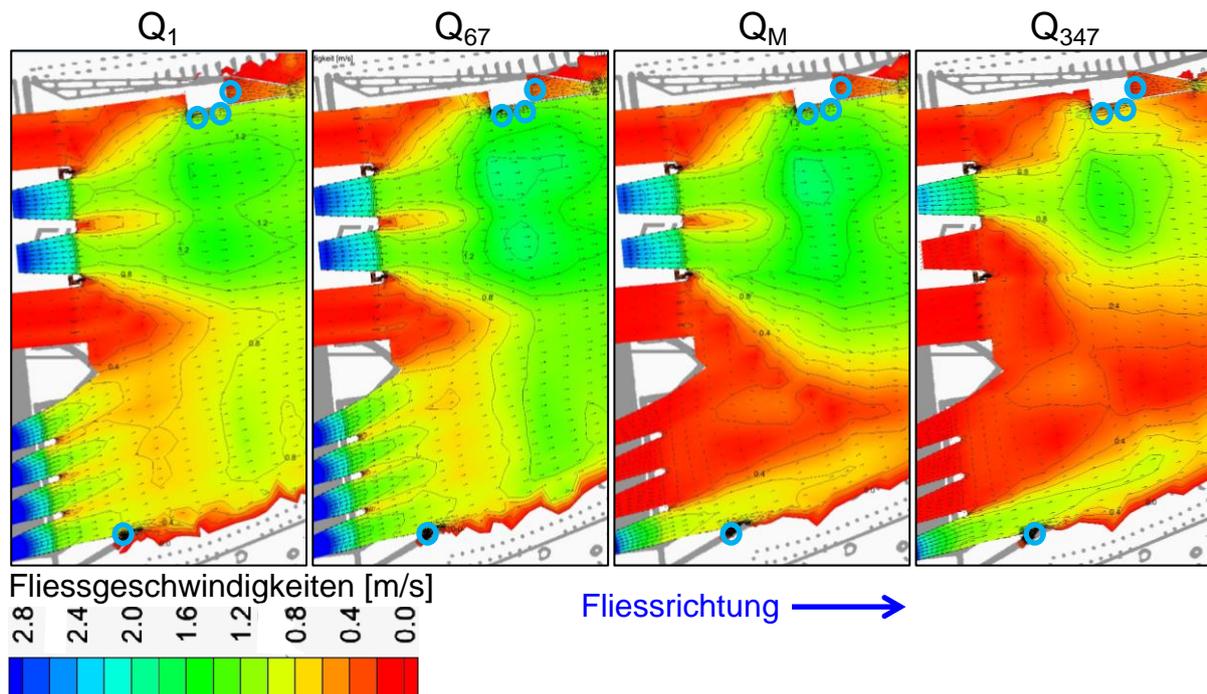


Abbildung 23: Ergebnisse der 2D-Modellierung im Unterwasser der Zentrale des KW Aarau bei verschiedenen Abflusszenarien. Blaue Kreise: Einstiege der Vertikalschlitzpässe (Beilage zum Technischen Bericht).

Auf Grund der Ergebnisse der Modellierung konnte der Einstieg der linksseitigen FAH im Vergleich zu den ursprünglichen Plänen rund 15 m näher zum Saugschlauchende der Turbinen verschoben werden. Die drei Einstiegsöffnungen liegen nach aktueller Planung 25 – 37 m unterhalb der Turbinenauslässe. Durch die geringere Entfernung von den Turbinen verringert sich das Risiko, dass Fische fehlgeleitet werden.

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass sich alle Einstiegsöffnungen der beiden FAH bei allen berechneten Abflussszenarien in einem Bereich mit erhöhter Fliessgeschwindigkeit liegen, welche aufwärtswandernde Fische gezielt aufsuchen. Bei hohen Abflüssen können die Strömungsbedingungen im Einstiegsbereich als optimal bezeichnet werden. Einzig beim geringsten Abfluss (Q_{347}), bei welchem nur wenige Turbinen in Betrieb sind, ist die Strömung im unmittelbaren Bereich des linksseitigen Einstiegs reduziert. An der am günstigsten gelegenen mittleren Einstiegsöffnung betragen die Fliessgeschwindigkeiten zwischen 0.6 und 1.2 m/s. Durch Detailgestaltung und durch Abgabe der Lockwassermenge über die optimal gelegene Öffnung (durch Schieber verstellbar) kann selbst bei geringen Abflüssen eine sehr gute Einstiegssituation angeboten werden. Die rechtsseitige FAH verfügt bei allen Abflüssen über günstige Strömungsverhältnisse im Einstiegsbereich (Abbildung 23).

Durch Beratung der projektierenden Ingenieure konnte erreicht werden, dass die Dimensionierung der Anlagen in allen Punkten den Anforderungen an Fischaufstiegshilfen nach neusten Erkenntnissen gerecht wird. Die Bewertungen für die FAH figurieren nach SCHWEVERS & ADAM (2006) in den höchsten beiden Klassen "sehr gut" und "gut" (Tabelle 5). Die Mittelwerte erzielen an beiden FAH eine Bewertung als "sehr gut". Die Anforderungen des BAFU (HEFTI 2012) können mit der beschriebenen Anordnung eingehalten werden.

Mit Hilfe einer 2D-Modellierung konnte der Einstieg der beiden FAH optimal positioniert werden. Ein Sohlenanschluss und eine durchgehende Natursohle gewährleisten in beiden FAH, dass sohlengebundene Arten wie Groppe und Schmerle den Einstieg finden und die ganze Anlage passieren können.

Die Passierbarkeit für die beiden grosswüchsigen Langdistanzwanderer Lachs und Meerforelle ist mit der Konzeption und Dimensionierung der beiden FAH gewährleistet (ADAM et al. 2010).

6.2. Fischabstieg und Turbinenmortalität

6.2.1. Einleitung

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). Aus diesem Grund muss durch eine passende Wahl der Turbinen das Risiko, dass Fische bei der Passage ums Leben kommen, minimiert werden.

6.2.2. Turbinenmortalität Zentrale 2, Ist-Zustand und Projektvarianten

Die Zentrale 2 ist heute mit 7 Turbinen unterschiedlicher Bauart ausgerüstet. Im Hinblick auf die Turbinenmortalität können sie in drei Klassen eingeteilt werden (rot, orange und hellgrün gestrichelte Linie in Abbildung 24 und 25) Die Verletzungswahrscheinlichkeit bei der Passage dieser Turbinen ist für Fische hoch. Je nach Turbinentyp variiert das Verletzungsrisiko eines **60 cm langen Fisches** zwischen **44 und 90%**.

In Anbetracht der Tatsache, dass Fische Wanderungen über mehrere Kraftwerke machen (STEINMANN 1935, STEINMANN et al. 1937), stellen derart hohe Risiken einer Verletzung eine ernsthafte Gefahr für das Überleben grosswüchsiger Fische dar, wobei das Verletzungsrisiko bei der Francis-Turbine am höchsten ist. Ursprünglich standen zwei Varianten für den Bau der Zentrale 2 zur Auswahl, eine mit 2 (grösseren) und eine mit 3 (kleineren) Turbinen. Unter anderem wegen des geringeren Verletzungsrisikos fiel der Entscheid für die Variante mit zwei grösseren Turbinen aus.

Durch den Einbau der beiden neuen Turbinen mit grösserem Laufraddurchmesser kann das Verletzungsrisiko eines 60 cm langen Fisches auf rund **17%** gesenkt werden.

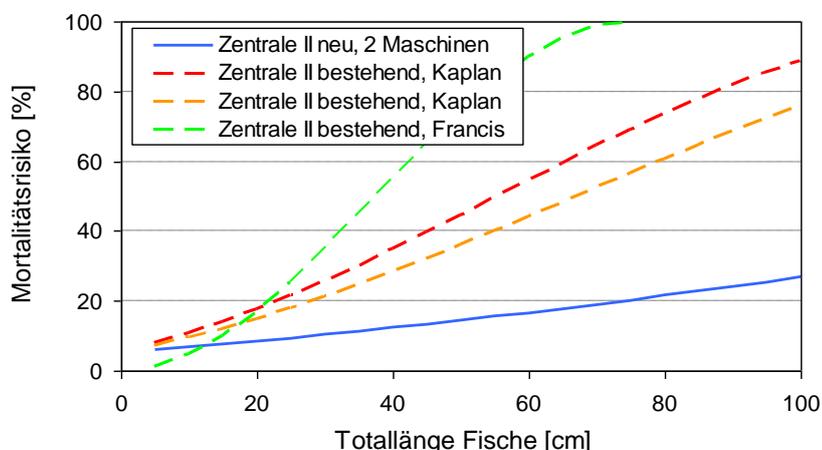


Abbildung 24: Mortalitätsrisiko von Salmoniden bei der Passage der bestehenden und der geplanten Turbinen der Zentrale 2. Berechnungsformeln: LARINIER (2002).

Aale leben im Süsswasser, bis kurz bevor sie ihre Geschlechtsreife erreichen. Die Organe zur Nahrungsaufnahme verschwinden auf Kosten der Bildung von Geschlechtsorganen und Reservestoffen für die lange Wanderung, die sie via Rhein, Nordsee und Atlantik in die Sargassosee vor dem karibischen Meer führt. Dort befinden sich die einzigen bekannten Laichgründe des europäischen Aals (*Anguilla anguilla*). In der Wanderform, dem sog. Blankaalstadium, erreichen die Aale, vor allem die Weibchen, Längen von über einem Meter (HOLZNER 2000). Wegen der Notwendigkeit, auf ihren Wanderungen bis ins Meer zu gelangen und wegen ihrer Grösse und ihrer Form sind Aale anfälliger als irgendeine andere Fischart: Das Verletzungsrisiko eines **100 cm langen Aals** schwankt bei den bestehenden Maschinen je nach Typ zwischen 98 und 100%. Berücksichtigt man, dass ein Aal nach Aarau noch mehr als 20 Kraftwerke überwinden muss, so ist es absolut unvorstellbar, dass er lebend das Meer erreicht. Durch den Einbau der neuen Maschinen kann das Verletzungsrisiko deutlich auf 57% gesenkt werden (Abbildung 25).

Da auch diese Verletzungswahrscheinlichkeit für einen Langdistanzwanderer zu hoch ist, muss alles Mögliche unternommen werden, um der als verwundbar (gefährdet) eingestuft Art eine Chance für einen Abstieg ins Meer zu geben.

Beim KW Aarau sollten Aale durch Feinrechen oder Louvers daran gehindert werden, in die Turbinen mit hohem Verletzungsrisiko zu geraten. Längerfristig muss eine Lösung gefunden werden, wie die Tiere nachhaltig vor einer Verletzung durch Turbinen bewahrt werden können. Dazu fehlen aber zurzeit noch das Fachwissen und die technischen Möglichkeiten. Als vorsorgliche Baumassnahme werden bei der Hauptzentrale deshalb zwei Rohre für den Aalabstieg eingebaut, aber noch nicht in Betrieb genommen.

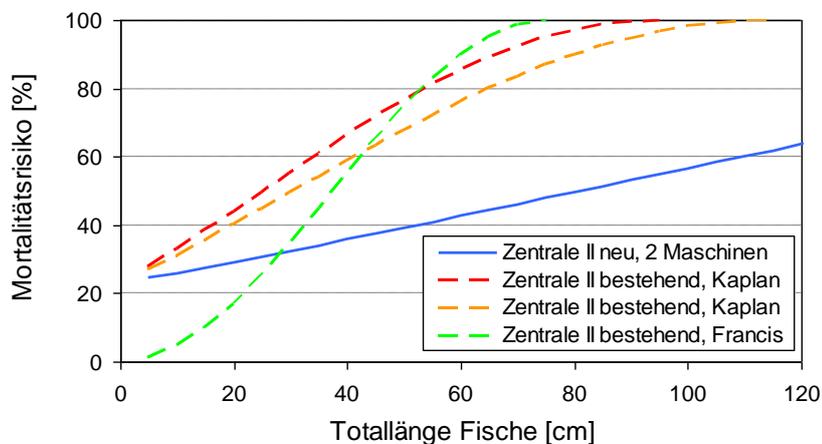


Abbildung 25: Mortalitätsrisiko von Aalen bei der Passage der bestehenden und der geplanten Turbinen der Zentrale 2. Berechnungsformeln: LARINIER (2002).

6.2.3. Turbinenmortalität Zentrale 1, Ist-Zustand und Projektvariante

Auch die Turbinen in Zentrale 1 sind durch einen relativ kleinen Laufraddurchmesser und ein entsprechend hohes Verletzungsrisiko charakterisiert. Ein 60 cm langer Fisch ist einer Verletzungswahrscheinlichkeit von ca. 44% ausgesetzt.

Da die bestehenden Turbinen auch nach der Erneuerung der Zentrale weiterverwendet werden und lediglich die Generatoren und Leiteinrichtungen erneuert werden, ändert sich nichts bezüglich Verletzungswahrscheinlichkeit gemäss Berechnung nach LARINIER (2002) nicht (Abbildung 26).

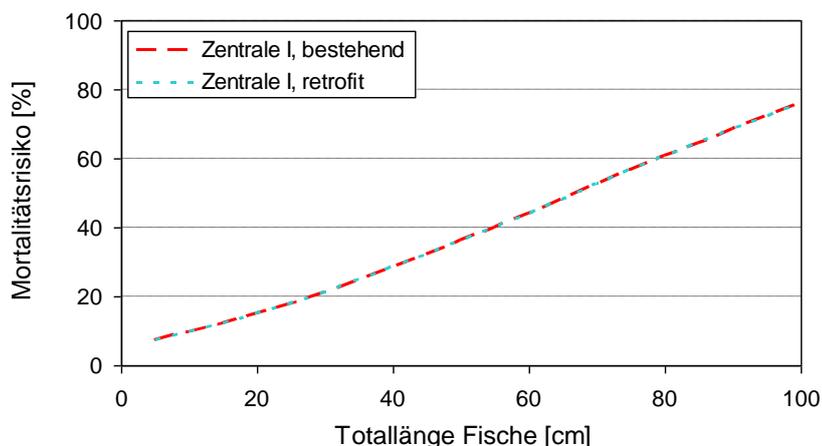


Abbildung 26: Mortalitätsrisiko von Salmoniden bei der Passage der bestehenden und der geplanten Turbinen der Zentrale 1. Ist-Zustand und Projektierung unterscheiden sich nicht, da die bestehenden Turbinen weiter verwendet werden (Retrofit). Die erhöhte Drehzahl und Durchflussmenge wirken sich gemäss LARINIER (2002) nicht aus, da die Mortalität bei den Kaplan-Turbinen (mit verstellbaren Schaufeln) einzig durch den Laufraddurchmesser bestimmt wird. Dies im Gegensatz zu Francis-Turbinen, wo die Mortalität zusätzlich durch Bruttofälle und Drehzahl beeinflusst wird. Berechnungsformeln: LARINIER (2002).

Einer noch viel höheren Verletzungswahrscheinlichkeit als Salmoniden (und anderen Arten) ist der Aal unterworfen. Ein 100 cm langes Tier wird mit rund 98-prozentiger Wahrscheinlichkeit verletzt (Abbildung 27). Es ist notwendig, dass Turbinen mit einem derart hohen Verletzungsrisiko mit einem wirksamen Schutz versehen werden (Feinrechen, Louver) und die Fische und vor allem die Aale zu den Maschinen mit dem geringsten Verletzungsrisiko geleitet werden.

Im Unterschied zur Berechnung nach LARINIER (2002) wurde die Drehzahl in der Berechnung nach EBEL (2008) als Parameter taxiert, der einen signifikanten Einfluss auf die Mortalität hat. Je nach Quelle für die Berechnung bleibt die Mortalität beim Umbau (Retrofit) unverändert (LARINIER 2002) oder sie erhöht sich (EBEL 2008).

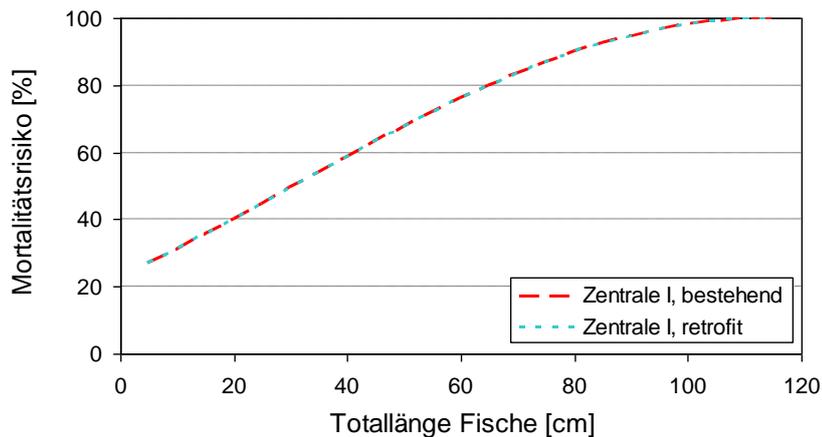


Abbildung 27: Mortalitätsrisiko von Aalen bei der Passage der bestehenden und der geplanten Turbinen der Zentrale 1. Ist-Zustand und Projektierung unterscheiden sich nicht, da die bestehenden Turbinen weiter verwendet werden (Retrofit). Weitere Bemerkungen, siehe Abbildung 26. Berechnungsformeln: LARINIER (2002).

6.2.4. Turbinenmortalität Dotierturbinen, Ist-Zustand und Projektvariante

Von allen Turbinen weisen die am kleinsten bemessenen Turbinen (Dotierturbinen und Zentrale 1) mit Abstand die höchsten Verletzungsrisiken auf, sowohl was Salmoniden als auch besonders was Aale betrifft. Da zwei kleine Dotierturbinen (links und rechts) durch eine grössere auf der rechten Seite ersetzt werden, kann das Verletzungsrisiko stark gesenkt werden. Ungeachtet dieser Verbesserung ist das Verletzungsrisiko für grosse Fische nach wie vor hoch. Durch Vorschaltung eines feinen Horizontalrechens (lichte Weite 15 mm), den mehr als 22 cm lange Fische bzw. 42 cm lange Aale nicht passieren können, kann verhindert werden, dass grosse Fische, welche einem hohen Verletzungsrisiko unterliegen, hineingelangen können (Abbildung 28). Mit diesen Massnahmen kann die Mortalität für Salmoniden (und vermutlich auch für die anderen Arten) unter 20% gesenkt werden. Die Fische, die den Rechen nicht passieren können, haben die Möglichkeit die Hindernisse via einen sohlen- und einen oberflächennahen Bypass oder die projektierte Abstiegshilfe am Standort der alten Dotierturbine, via Turbinen beim Maschinenhaus oder bei geöffneten Wehrklappen via Wehr zu überwinden, wo das Verletzungsrisiko weitaus geringer ist als in der Dotierturbine (Abbildung 29).

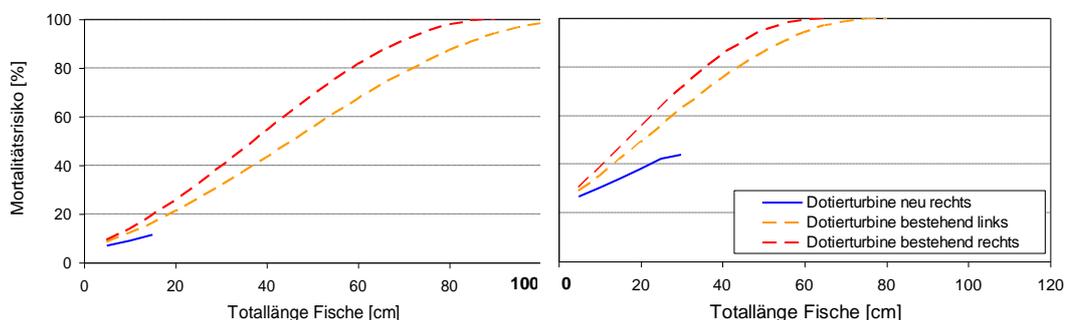


Abbildung 28: Mortalitätsrisiko von Salmoniden (links) und von Aalen (rechts) bei der Passage der Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd. Beurteilung der bestehenden beiden Turbinen mit der einen, in der Projektierung vorgesehenen Dotierturbine. Berechnungsformeln: LARINIER (2002). Ein horizontaler Feinrechen (Stababstand 15 mm) verhindert, dass grössere Fische in die neue Dotierturbine gelangen können.

Nach erfolgter Erneuerung bei der Dotierturbine und der beiden Maschinen der Zentrale 2 ist das Risiko einer Verletzung bei der Zentrale 1 mit Abstand am höchsten (0). Eine massive Senkung der gesamten Verletzungswahrscheinlichkeit (alle Turbinen) kann deshalb nur erzielt werden, wenn auch vor die Maschinen der Zentrale 1 ein horizontaler Feinrechen montiert werden. Auf diese Weise könnten die absteigenden Fische, welche bis zur Zentrale gelangt sind, zu den Maschinen der Zentrale 2 mit dem geringsten Verletzungsrisiko geleitet werden (siehe Abbildung 29 und 30).

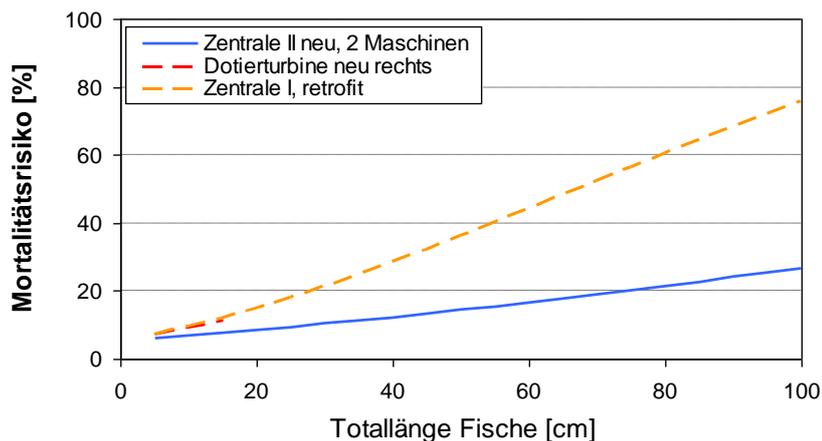


Abbildung 29: Mortalitätsrisiko von Salmoniden bei der Passage verschiedener Turbinentypen des KW Aarau nach der Ausführung des Projekts. Berechnungsformeln: LARINIER (2002). Ein horizontaler Feinrechen (Stababstand 15 mm) verhindert, dass grössere Fische in die neue Dotierturbine gelangen können.

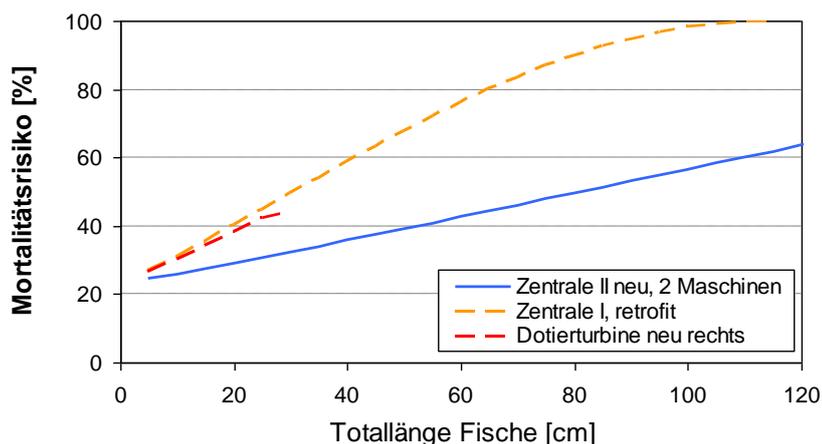


Abbildung 30: Mortalitätsrisiko von Aalen bei der Passage verschiedener Turbinentypen des KW Aarau nach der Ausführung des Projekts. Berechnungsformeln: (LARINIER 2002). Ein horizontaler Feinrechen (Stababstand 15 mm) verhindert, dass grössere Fische in die neue Dotierturbine gelangen können.

6.2.5. Passage via Wehr bei Wehrüberfall / bei Öffnung Segmentschütze

Die Passage via Wehr ist mit Abstand der sicherste Weg, wegen der hohen Nutzwassermenge steht dieser aber nur an durchschnittlich 78 Tagen im Jahr (Variationsbreite 10 bis 163 Tage; Median = 50 Tage) zur Verfügung. Die Verletzungswahrscheinlichkeit von Fischen bei der Passage eines Wehrs hängt von verschiedenen Faktoren ab, am meisten von der Grösse des Fisches und der Höhe des Absturzes. Daneben spielt die Ausstattung des Tosbeckens mit Energiedissipatoren eine entscheidende Rolle.

Das Mortalitätsrisiko steigt dann rapide an, wenn die **kritische Geschwindigkeit** überschritten wird. Diese wird für mehr als 60 cm lange, frei fallende Fische überschritten, wenn die Fallhöhe mehr als **12 m** beträgt. Kleine Fische können aus bedeutend grösserer Höhe frei fallen, ohne Schaden zu nehmen. Fallen Fische aber innerhalb der Wassersäule (die wahrscheinlichere Variante bei der Passage über das Wehr), so steigt das Verletzungsrisiko für kleine wie grosse Fische ab einer Höhe von **13 m** rapide an (LARINIER et al. 2002). Das Wehr Schönenwerd mit einer maximalen Absturzhöhe von **4.94 m** liegt weit unterhalb dieses kritischen Bereichs. Durch die Sanierung des Tosbeckens, das heisst die Entfernung der bestehenden Störkörper sowie eine Vertiefung des Kolks kann das Verletzungsrisiko weiter gesenkt werden. Die Passage absteigender Fische via Wehr kann nach Realisierung der geplanten Umbauten am Wehrkolk als sehr sicher bezeichnet werden.

6.2.6. Abstiegsmöglichkeit für Aale

Der Aalbestand ist in ganz Europa sehr stark rückläufig, weshalb die Art in der Roten Liste Europaweit als verwundbar oder gefährdet eingestuft wurde. Im Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen **CITES** wurde der Aal in Anhang II aufgenommen, was eine strikte Regulierung des internationalen Handels zur Folge hat. Insbesondere Verwendungen, die dem Überleben der Art zuwiderlaufen, werden untersagt. Gleichzeitig werden internationale Anstrengungen unternommen um die Art zu schützen und den Bestandesrückgang zu stoppen. Neben Beschränkungen der Glasaalfischerei an den Küsten und des Aalfangs im Süsswasser werden vor allem Verbesserungen der Wanderwege, Habitate und der Wasserqualität angestrebt. Zudem werden Besatzprogramme verstärkt und Aktionspläne zur Kontrolle von Prädatoren ausgearbeitet.

Sehr wichtig in diesem Zusammenhang ist die Wiederherstellung der Wanderwege. Es müssen vor allem Massnahmen ergriffen werden, dass Blankaale bei ihrer Rückwanderung ins Meer keine Verzögerungen erleiden und nicht durch Turbinen geschädigt werden.

Das Problem des Fischabstiegs - insbesondere der Abstieg des Aals - ist heute international noch weitgehend ungelöst. Um die Probleme mit dem Aalabstieg in den Griff zu bekommen, müssen zahlreiche naturwissenschaftliche Grundlagen erarbeitet werden:

- Untersuchung zu Mortalitäten in verschiedenen Turbinentypen, Modellberechnungen,
- Bau und Evaluation von Turbinen mit geringem Verletzungsrisiko,
- Berechnung von kumulativen Mortalitäten bei Kraftwerksketten,
- Ermitteln der wichtigen Einflussfaktoren auf den Zeitpunkt der Migration von Blankaalen,
- Untersuchungen zu den gewählten Wanderwegen der Blankaale (Wehr / Turbinen),
- Wirkung von Scheuch- oder Leiteinrichtungen,
- Machbarkeit des Fangs und anschliessenden Transports von Blankaalen ins Meer,
- Untersuchung zur Migrationsbereitschaft mit Aalen in Gefangenschaft (Migromat).

Einige Kenntnisse über das Wanderverhalten der Blankaale sind bereits vorhanden. Beispielsweise ist bekannt, dass Aale bevorzugt entlang des Ufers und am Grund wandern (RUTSCHMANN et al. (2008)). Von ähnlichen Ergebnissen berichtet TRAVADE (2005) wo 2/3 der Aale durch eine bodennahe Öffnung und nur 1/3 durch eine oberflächennahe Öffnung den Weg ins Unterwasser suchten. RUTSCHMANN et al. (2008) beschreiben, dass ein Teil

der Aale mit Hilfe von unter Wasser liegenden Leitschwellen aus Beton zu einer Fluchtöffnung geleitet werden konnte. Auch Ultraschall wird getestet, um die Aale von den Turbinen ferngehalten werden.

Man weiss, dass Blankaale im Herbst abwandern. Am Main wanderten am meisten Aale zwischen September und November ab (HOLZNER 2000). Eine ähnliche Hauptwanderphase (September - Dezember) wurde an der Dordogne festgestellt. Entsprechend der Jahreszeit wanderte die Mehrheit der Blankaale bei abnehmender Temperatur ab, wobei erhöhte Aktivität erst bei Temperaturen unter 18 °C beobachtet werden konnte (HOLZNER 2000). Zudem stiegen Blankaale vermehrt nach einer Zunahme Abflusses und bei erhöhter Wassertrübung ab. Aale sind sehr nachtaktiv und wandern vorwiegend zwischen Abend- und Morgendämmerung (HOLZNER 2000). Das Wandermuster korreliert zudem mit den Mondphasen (HOLZNER 2000). Durch Anpassung Betriebsregime der Turbinen an das Wandermuster des Aals und der anderen Fischarten können erhöhte Mortalitäten wirksam verhindert werden: Die Turbinen mit dem höchsten Mortalitätsrisiko sollten in den Wanderphasen nicht in Betrieb genommen werden (LARINIER et al. 2002).

Aale und andere Fischarten können durch horizontale Feinrechen mit Stababständen < 2 cm wirksam davon abgehalten werden, in die Turbinen zu geraten. Bodennahe Fluchtöffnungen in der Nähe der Fassungen ermöglichen ihnen den Abstieg ins Unterwasser. Damit die Aale nicht gegen den Rechen gepresst werden, sollte die Fliessgeschwindigkeit vor dem Rechen unter 40 - 50 cm/s liegen. Zum Schutz anderer Fischarten empfiehlt es sich, die Anströmgeschwindigkeiten noch tiefer zu wählen.

Da zur Zeit umfangreiche Untersuchungen zur Laichwanderung der Blankaale im Gang sind und auch Möglichkeiten erforscht werden, wie man Aale an der Turbinenpassage hindern kann, ist es wichtig, über den Fortschritt der laufenden Untersuchungen im Bild zu sein, zumal die letzte Etappe des Umbaus (Zentrale 1 Retrofit) gemäss Technischem Bericht erst im Jahr 2035/36 ausgeführt wird. Die Einrichtungen, welche absteigende Fische am Eindringen in die Turbinen der Zentrale 1 hindern und ihnen Abstiegsalternativen bieten, müssen zwingend dem Stand des Wissens im Jahr 2035 entsprechen.

Zudem empfiehlt es sich, die Wirkung der bei der Erneuerung der Anlagen getroffenen Massnahmen im Rahmen eines Monitorings zu prüfen.

7. Makrozoobenthos

7.1. Ist-Zustand im Oberwasserkanal Süd

Am rechten Ufer des Oberwasserkanals Süd sind im oberen Teil kleinräumige Aufweitungen und Restrukturierungen des Ufers geplant. Zur Dokumentation des Ist-Zustands wurden einmalig am 25. September 2009 am rechten Ufer im Oberwasserkanal Süd zwei Proben genommen. Der Kanal ist ab einer Tiefe von 0.5 bis 1 m mit einer schrägen Betonmauer versehen. Diese reicht aber im mittleren und oberen Teil des Kanals nicht bis an die Wasseroberfläche, so dass der Uferbereich bereits heute teilweise unverbaut und teilweise mit Blocksatz befestigt ist. Das Ufer wird zusätzlich durch Bäume und Sträucher und durch ins Wasser hängende Äste strukturiert. Die Ufer an den Probenahme-Standorten waren relativ steil und bestanden überwiegend aus Blocksatz (rund 85% Grobkies, Feinkies und etwas Schlamm). Brunnenmoos wuchs an den Steinen und das krause Laichkraut bildet im oberen Abschnitt kleine Bestände davor. Die Strömung im Oberwasserkanal war gering.

Diese Bedingungen widerspiegeln sich auch in den vorkommenden Taxa die hauptsächlich den folgenden Ernährungstypen zugeordnet werden:

Weidegänger wie die Schnecken ernähren sich vom dünnen Algenaufwuchs auf den Steinen, die an beiden Probestellen den höchsten Substratanteil aufwiesen. In etwas stärkerer Strömung lebten **Filtrierer** wie die netzbauenden Hydropsychiden. Die **Zerkleinerer** waren dort zu finden wo sich Falllaub und anderes organisches Material sammelte oder wo fädige Algen und submerse Wasserpflanzen wuchsen. Die wichtigsten Vertreter waren Flohkrebse (*Gammaridae*). Gefunden wurde in der Probe hauptsächlich der Neozoe *Dikerogammarus villosus*. Er verbreitete sich in den letzten Jahren auf Kosten einheimischer Flohkrebsarten stark. Er ist nicht nur Zerkleinerer sondern lebt auch räuberisch von anderen Benthosorganismen. **Sedimentfresser** wie die Dipterenlarven der Gattung Orthocladiinae waren auch in grösserer Zahl vorhanden.

Das geringe Vorkommen der Eintagsfliegenlarven (*Ephemeroptera*) wie Baetiden und andere Taxa, die Strömung bevorzugen wie *Ecdyonurus* und *Heptagenia* belegt ebenso wie das Fehlen der Steinfliegenlarven die schwache Strömung im Oberwasserkanal.

Feldprotokoll Makroinvertebraten

Datum: 25.09.09

Auftraggeber: IB Aarau
Gewässer: Oberwasse

Beurteilung durch:GK

Probestellen ID	1 (oben)	2 (unten)
X- Koordinate	643'514	643'859
Y-Koordinate	248'470	248'827
Bewuchs (0=kein,1=wenig,2=mässig,3=viel) ev. weitere Sorten/Arten wenn möglich		
Heterotroph		
Grünalgen fädig		
Grünalgen Lager		2
Vaucheria		2
Blaualgen-Lager		
Kieselalgen-Lager		
Wassermoos	Fontinalis 15%	Fontinalis 20%
Hydrurus sp.		
Wasserpflanzen	Potamogeton crispus 5%	
Wasserwirbellose (1=vereinzelt,2=wenig,3=mittel,4=viel,5=massenhaft)		
Substrat	Blocksatz 85%, Grobkies 10%, Sand/Schlick 5%	Blocksatz 90%, Feinkies Erbs-Nuss 7%, Grobkies Nuss-Faust 3%
Gesamtabundanz	3	4
Turbellaria		
Dugesidae	Dugesia sp.	1
Oligochaeta		
Lumbricidae	Eiseniella tetraedra kleine rote	1 2
Amphipoda		
Gammaridae	Gammarus roeseli	1
Pontogammaridae	Dikerogammarus villosus	3
Isopoda		
Asellidae	Asellus aquaticus	1
Trichoptera		
Hydropsychidae	Hydropsyche	1
Psychomiidae	Psychomia pusilla	3
Polycentropodidae	Polycentropodidae	2
Goeridae	Silo & Lithax	1
Ephemeroptera		
Ephemerellidae	Seratella ignita	2
Baetidae	Baetis	1
Plecoptera		
Diptera		
Chironomidae	Orthoclaadiinae	3
	Chironomus thumni-Gruppe	1
Limoniidae	Dicranota sp.	2
Coleoptera		
Elmidae	Elmis sp Larven	1
Heteroptera		
Mollusca (Bivalvia)		
Sphaeriidae	Pisidium	2
Dreissenidae	Dreissena polymorpha	3
Mollusca (Gastropoda)		
Ancylidae	Ancylus fluviatilis	2
Lymnaeidae	Radix baltica	1
	Stagnicola	1
	Galba trunculata	1
Physidae	Physa fontinalis	1
Gewässerstruktur (1=naturnah,2=mittelmässig,3=monoton,4=stark verbaut)		
Bemerkungen:		
taxonomische Diversität (VT)	= Gesamtzahl der gefundenen Taxa	22.0
Diversitätsklasse		6.0
Indikator taxa GI	Goeridae	7.0
IGBN=GI + DK -1		12.0
Anzahl Taxa Insecta		10.0
Anzahl Taxa Non- Insecta		12.0
SE Insecta/SE Non-Insecta		0.8
SE Plecoptera & SE Trichoptera mit larvalem Köcher	<4	
Makroindex		5.0

8. Gesamtbeurteilung des Erneuerungsprojekts Kraftwerk Aarau

8.1. Etappenweise Erneuerung Turbinen und Generatoren, Zentralen 1 und 2

Im Rahmen der Erneuerung der Turbinen und Generatoren findet in Zentrale 1 beurteilt nach LARINIER (2002) keine fischökologisch relevante Änderung statt, indem die bestehenden Maschinen beibehalten, und mit neuen Generatoren ausgerüstet werden (Retrofit).

Bei Verwendung der Berechnungsformel nach EBEL (2008), in welchen die Mortalität der Fische zusätzlich durch die Drehzahl der Maschinen beeinflusst wird, resultiert gegenüber dem heutigen Zustand eine Verschlechterung (Tabelle 9).

Die Zentrale 2 wird mit zwei neuen Maschinen bestückt, wobei gegenüber dem Ist-Zustand eine deutliche Verbesserung eintritt, da Fische bei der Passage der grossen Turbinen einer viel geringeren Verletzungswahrscheinlichkeit ausgesetzt sind als beim Durchschwimmen kleiner Turbinen (Tabelle 9).

8.2. Neubau Fischaufstiegshilfen Maschinenhaus

Die bestehende Fischaufstiegshilfe beim Maschinenhaus erhielt auf Grund des Fischaufstiegs im Jahr 2005 eine schlechte Bewertung, da wenige gefährdete Arten den Aufstieg schafften und vor allem Jungfische und schwache Schwimmer benachteiligt waren. Daneben wurde die Anlage auch nur von wenigen grosswüchsigen Arten frequentiert.

Das schlechte Ergebnis dürfte hauptsächlich auf die durchgehende Betonsohle zurückzuführen sein. Auch die Lage des Einstiegs auf der Inselfseite ist nicht optimal. Zudem ist die Dotation der bestehenden FAH gemessen an einem grossen Gewässer wie der Aare viel zu niedrig gewählt.

Falls das Bauwerk wie in Plänen und technischem Bericht skizziert ausgeführt wird, verbessert sich der Zustand gegenüber heute erheblich. Die durchgehende Natursohle, der Einstieg auf der Uferseite und die massiv erhöhte Lockwasserzugabe mit Hilfe einer Lockstrompumpe sind die massgebenden Verbesserungen. Auch das Vorhandensein zweier Einstiegsmöglichkeiten ist gegenüber heute eine grosse Verbesserung. Die Dimensionierung der Becken nach Plan ist ausreichend für die Langdistanzwanderer Lachs und Meerforelle (Tabelle 9).

Der bestehende rechtsseitige Fischpass (Beckenpass) bei der Zentrale bleibt erhalten und wird nach den neusten Erkenntnissen entsprechend dem linksseitigen Fischpass erneuert. Somit wird der Fischaufstieg beidseitig des Maschinenhauses möglich.

8.3. Teilweise Aufhebung des Mitteldamms im Oberwasserkanal

Da die Schrägmauern in grossen Teilen des Kanals nicht bis hinauf an Wasseroberfläche reichen, weist der Oberwasserkanal Süd bereits heute im Vergleich zum Kanal Nord besser strukturierte Ufer auf. Ins Wasser hängende Äste und Totholz verbessern die Situation zusätzlich, so dass im unmittelbaren Uferbereich zahlreiche Fische beobachtet werden konnten, darunter auch viele Jung- und Kleinfische. Auch die Benthos-Fauna setzt sich aus verschiedenen Arten zusammen. Die beschriebenen Verhältnisse gelten gleichermassen für das südliche Ufer des Mitteldamms. Das Nordufer des Mitteldamms hingegen ist bis hinauf zum Wasserspiegel hart mit einer Schrägmauer aus Beton befestigt, weshalb dieses weit weniger bedeutsam ist als Unterstand und Lebensraum für Fische. Der Verlust des Nordufers des Mitteldamms muss deshalb nicht durch Aufwertungen kompensiert werden.

Durch die Entfernung des Mitteldamms auf einer Länge von **rund 770 m** geht das linke Ufer des Südkanals 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 ein erhöhtes Angebot an Unterständen und strömungsberuhigten Zonen zur Verfügung stehen müsste als im jetzigen Zustand.

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 Seitengewässer (naturnaher Weiher), welche gemäss Plan am oberen und am unteren Ende in Form einer offenen, 2-4 m breiten 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 (ca. 610 m) als Ersatz für das Südufer des Mitteldamms angerechnet werden kann, wobei auch der Umfang der Insel im neuen Seitengewässer (ca. 170 m) und die beiden Ufer der zwei Verbindungsstücke (total 75 m) angerechnet werden können. Zusammen ergibt sich auf diese Weise eine neu gewonnene Uferlinie von **855 m**.

Ober- und unterhalb dieses Gewässers sind am rechten Ufer des Südkanals neue strukturierte Einbuchtungen geplant, welche als Unterstände für Fische und strömungsberuhigte Zonen dienen sollen, in denen sich schwache Schwimmer 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. Da das Ufer in diesem Bereich bereits heute teilweise strukturiert ist, können die im Plan dargestellten 827 m Ufer nur zu einem Viertel als Ersatz für den Verlust des Mitteldamms angerechnet werden (207 m, siehe Tabelle 7).

Die Strukturierung des linken Ufers des Kanals Süd kann nicht als Kompensation angerechnet werden, da einerseits die Möglichkeiten einer Aufwertung wegen der knapp unter die Wasserlinie reichenden Mauern sehr begrenzt sind und andererseits, da das Ufer dank seiner Bestockung und dank des Totholzes bereits heute relativ reich an Strukturen und Unterständen ist. Es wird deshalb eine Herausforderung sein, den Ist-Zustand zu waren.

Durch die Restrukturierung und Anbindung des Erzbaches entsteht im unmittelbaren Mündungsbereich eine ca. **20 m** lange strömungsberuhigte Zone, welche durch zusätzliches Einbringen von Totholz als Unterstand und Zufluchtsort geeignet ist. Der Unterlauf des Erzbaches selbst kann nicht als Element zur Verbesserung der Wanderachse innerhalb der Aare angerechnet werden, ist aber als eigene Verbesserungsmassnahme von sehr grossem Wert (siehe Kapitel 8.9).

Tabelle 7: Kompensation der Habitatverluste infolge der Entfernung des Mitteldamms.

	Länge [m]	Bewertung	Summe [m]
Verlust Mitteldamm	1540	0.5	-770
Nebenarm Uferlinie (Weiher)	610	1	610
Nebenarm Ufer Insel (Weiher)	170	1	170
Nebenarm Ufer Verbindungen	75	1	75
Restrukturierung Erzbach	20	1	20
Aufwertung rechtes Ufer Kanal Süd	827	0.25	207
Strukturierung linkes Ufer Kanal Süd	635	0	0
Uferrückversetzung Badi	200	1	200
Bilanz [m]			512

Auch die Uferrückversetzung bei der alten Badeanstalt auf einer Länge von **rund 200 m** kann als Aufwertung des Ufers und des Wanderkorridors für Fische angerechnet werden. Auch in diesem Bereich ist darauf zu achten, dass die Uferlinie in Buchten gegliedert ist, mit variablen Böschungsneigungen und dass mit Totholz von Beginn weg geeignete Strukturen für Fische geschaffen werden.

Bei einer groben Bilanzierung der Massnahmen am Oberwasserkanal ergibt sich folgendes Bild: Wird die Wasserfläche wie geplant mit 3 - 4 m breiten offenen Wasserläufen an den Kanal angebunden, ergibt sich gegenüber dem Ist-Zustand eine Verbesserung. Wenn auch die rechtsufrigen Aufwertungen ober- und unterhalb des Seitengewässers im Grien realisiert werden können, kann je nach Ausgestaltung der Ufer (variable Uferneigung und Substrate, Gliederung in Buchten, Einbau von Strukturelementen wie Totholz) gegenüber dem Ist-Zustand sogar eine deutliche Verbesserung herbeigeführt werden (Tabelle 9). Insgesamt werden rund 510 m Ufer gegenüber dem Ist-Zustand verbessert (Tabelle 7).

Die geplante nachhaltige Sanierung der Kanalufer hat den Vorteil, dass der Kanal nicht mehr oder viel weniger häufig als heute trockengelegt werden muss. Die Niederwasserrinne ermöglicht den Fischen, bei der Drosselung des Abflusses selbst den Kanal zu verlassen. Entsprechend weniger Fische müssen abgefischt werden.

8.4. Erneuerung Tosbecken Wehr Schönenwerd

Wegen der geringen Fallhöhe birgt der Weg von wandernden Fischen über das Wehr Schönenwerd bereits im Ist-Zustand ein sehr geringes Verletzungsrisiko. Einzig an den Störkörpern oder Dissipatoren können sich Fische verletzen. Durch die Entfernung dieser Bauteile nimmt die Verletzungsgefahr für Fische auf ihrem Weg übers Wehr weiter ab. Da die Gefahr bereits im Ist-Zustand gering ist, wird die Verbesserung lediglich als "geringfügig" eingestuft (Tabelle 9).

Durch die Verbindung zwischen dem Tosbecken und dem Unterwasser der Dotierzentrale kann verhindert werden, dass Fische bei sehr geringem Abfluss in einem isolierten Wasserkörper eingeschlossen werden (und verenden).

8.5. Einbau neue Dotierturbine Wehr Schönenwerd, Horizontalrechen

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 15 mm kann verhindert werden, dass grosse flussabwärts wandernde Fische (mit besonders hohem Verletzungsrisiko) in die Anlage geraten. Die Anströmgeschwindigkeit muss zudem genügend klein sein, dass abwandernde Blankaale nicht an den Rechen gepresst werden. Als Grenzwert gelten Fliessgeschwindigkeiten von 50 cm/s (ADAM et al. 2005). Die Oberfläche des Horizontalrechens ist mit 38.5 m² (17.5 m x 2.2 m) so gross bemessen, dass dieser Grenzwert während der Wanderphase der Blankaale (September bis Dezember) nie erreicht wird (Tabelle 8).

Tabelle 8: Abmessungen und Fliessgeschwindigkeiten beim Horizontalrechen vor der Dotierturbine beim Wehr Schönenwerd.

	Einheit	Sep - Okt	Nov - Feb	Mär - Apr	Mai - Aug
Höhe	[m]	2.2	2.2	2.2	2.2
Länge	[m]	17.5	17.5	17.5	17.5
Fläche	[m ²]	38.5	38.5	38.5	38.5
Max-Abfluss _{Dotierturbine}	[m ³ /s]	18.0	10.0	18.0	23.0
V _A (Anströmgeschwindigkeit)	[m/s]	0.47	0.26	0.47	0.60

Auch andere Fischarten 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 (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. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Strömungsvektoren inhomogen über die Rechenfläche verteilt sein

können (ADAM et al. 2005). Aus diesem Grund sollte der Rechen im ersten Jahr nach Fertigstellung auf allfällige tote Fische überprüft werden.

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 Öffnungen zusammen werden permanent mit 400 l/s dotiert. Dieser Bypass gewährleistet, dass sich abstiegswillige Fische nicht lange Zeit im Bereich des Rechens aufhalten müssen und reduziert somit das Risiko, dass Fische an den Rechen gepresst werden. Aus diesem Grund sind Anströmgeschwindigkeiten von 0.5 - 0.6 m/s zulässig (ADAM et al. 2005).

8.6. Sohlenschwelle mit Aalabzug

Durch eine weitere geplante Fluchtmöglichkeit im Bereich der alten linksseitigen Dotierzentrale können Blankaale und andere sohlennah wandernde Fischarten beim Wehr Schönenwerd auch bei fehlendem Wehrüberfall ohne Turbinenpassage ins Unterwasser gelangen. Die bestehende Sohlenschwelle zur Verhinderung, dass Geschiebe in den Oberwasserkanal gelangt, kann als Leiteinrichtung für die abwandernden Aale wirken, sofern sie oberwasserseitig nicht mit Kies oder Sand verfüllt wird.

8.7. Erhöhung Dotierwassermenge, angleichen an Abflussregime der Aare

Eine Erhöhung der Dotierwassermenge über den Ist-Zustand (ganzjährig 10 m³/s) hinaus und eine Anpassung an das natürliche Abflussregime der Aare kann eine erhebliche Verbesserung herbeiführen, von der vor allem die typischen Flussfischarten profitieren. Das Ausmass der Verbesserung hängt von der gewählten Dotierwassermenge und der zeitlichen Staffelung ab. Durch Aufnahmen der Habitatansprüche der wichtigen Fischarten kann die Dotierwassermenge im Sinne einer Kosten-Nutzen-Rechnung optimiert werden.

8.8. Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen

Durch das neue Umgebungsgewässer im Schönenwerder Schachen entstehen in grossem Mass neuer Lebensraum und eine weitere Möglichkeit von Fischwanderungen in beiden Richtungen. Gegenüber heute wird eine grosse Verbesserung erzielt.

8.9. Revitalisierung Erzbach

Durch die geplante Revitalisierung kann der Erzbach wieder mit der Aare verbunden werden und dadurch seine Funktion als Laichgewässer für Kieslaicher und als Zufluchtsort für Kaltwasserarten bei hohen Wassertemperaturen im Sommer wieder wahrnehmen. Zudem erfährt der Erzbach im Unterlauf eine starke Verbesserung als Gewässerlebensraum.

8.10. Vorsorgliche Baumassnahme für Aalabstieg

Beim Neu- bzw. Umbau der Hauptzentrale werden zwei Rohre eingebaut, die zu einem späteren Zeitpunkt dem Aalabstieg dienen werden. Eine Beurteilung dieser Massnahme ist noch nicht möglich. Die Rohre werden in Betrieb genommen, sobald der Stand des Wissens dies erlaubt.

8.11. Gesamtschau über die Massnahmen des Projekts

Die geplanten Bauarbeiten bringen eine Verbesserung für die Gewässerökologie und Fischfauna mit sich (Tabelle 9).

Tabelle 9: Veränderungen durch die Bauarbeiten aus fisch- und gewässerökologischer Sicht.

Arbeiten	Bewertung
Erneuerung Zentrale II	
Neubau Fischaufstiegshilfen Maschinenhaus	
Massnahmen am Oberwasserkanal	 
Erneuerung Tosbecken Wehr Schönenwerd	
Einbau neue Dotierturbine Wehr Schönenwerd	
Erhöhung Dotierwassermenge, angleichen an Abflussregime Aare	 
Umgehungsgerinne im Schönenwerder Schachen	
Revitalisierung Erzbach	
Sohlenschwelle mit Aalabzug	
Erneuerung Zentrale I (vorgesehen ab 2035)	 

1

Legende

Verschlechterung gegenüber Ist-Zustand	
unverändert gegenüber Ist-Zustand	
leichte Verbesserung gegenüber Ist-Zustand	
starke Verbesserung gegenüber Ist-Zustand	

Die Konzession verpflichtet die IBAAarau Kraftwerk AG zur langfristigen Erfolgskontrolle der Massnahmen zugunsten der Fische und gegebenenfalls zur Nachbesserung getroffener Massnahmen.

¹ Die Massnahmen zum Fischschutz entsprechen dem jetzigen Stand (2011). Im Jahr 2035 werden diese an den dann aktuellen Stand angepasst.

9. Literaturverzeichnis

- ADAM, B.; BOSSE, R.; DUMONT, U.; HADDERINGH, R.; JÖRGENSEN, L.; KALUSA, B.; LEHMANN, G.; PISCHEL, R.; SCHWEVERS, U. (2005): Fischschutz- und Abstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. - DWA-Themen, 2. korrigierte Auflage Juli 2005: 256 S.
- ADAM, B., BOSSE, R.; DUMONT, U.; GÖHL, C.; GÖRLACH, J.; HEIMERL, S.; KALUSA, B.; KRÜGER, F.; REDEKTER, M.; SCHWEVERS, U.; SELLHEIM, P. (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. - Merkblatt DWA M 509: 285 S
- AMMANN, T. (2006): Der Einfluss von Barrieren auf die Verteilung von Fischen in kleinen Bächen, Fallstudien im Suhrental. Fachrichtung Ökologie und Evolution. - Diplomarbeit ETH Zürich: 73 S.
- ANONYMUS (1999): Fish passage at culverts, Review with possible solutions for New Zealand indigenous species.
- ANONYMUS (2004): Guidelines and criteria for stream-road and crossings. - Oregon, Department of Fish and Wildlife: 6 S.
- ANONYMUS (2009): Fischpasszählung vom 18.05.-31.08.2009. - Bericht und Präsentation FV Schönenwerd und Umgebung, Abteilung Jungfischer. Auftrag: Kraftwerk IBAAarau: 36 S.
- BAGENAL, T. (1978): Methods for assessment of fish production in fresh waters. - IBP Handbook Nr. 3, Blackwell Scientific Publications: 365 S.
- BOHLEN, J. (2003): Untersuchungen zur Autökologie des Steinbeissers, *Cobitis taenia*. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I. -. Berlin, Humboldt-Universität.
- BOLLER, L.; WÜRMLI, D. (2004): Sukzession der Fischfauna in einem neu geschaffenen Seitengewässer der Aare am Beispiel des Wildibachs. - Diplomarbeit EAWAG, ETH: 94 S.
- BRENN, D. (2008): Fischwanderhilfen mit Erfolgsgarantie. - Auftrag: Brenn Consulting, Bontentechnik: 13 S.
- DÖNNI, W.; MAIER, K.-J.; VICENTINI, H. (2001): Bestandesentwicklung des Aals (*Anguilla anguilla*) im Hochrhein. - BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 68: 99 S.
- EBEL, G.: Turbinen bedingte Schädigung des Aales (*Anguilla anguilla*) – Schädigungsraten an europäischen Wasserkraftanlagenstandorten und Möglichkeiten der Prognose. In: Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel (2008), Heft 3.
- GUTHRUF, J. (2002a): Aare Hochwasserschutzkonzept 2000, fischereibiologisches Gutachten im Zusammenhang mit den Kiesentnahmen. - Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Stadt Bern, Direktion für Planung, Verkehr und Tiefbau: 44 S. inkl. Anhang.
- GUTHRUF, J. (2002b): Emme unterhalb Biberist, Untersuchung der Restwasserproblematik. - Fischereibiologisches Gutachten Aquatica, Auftrag: Baudepartement des Kantons Solothurn, Amt für Umwelt: 85 S.
- GUTHRUF, J. (2006a): Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. - Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Amt für Umwelt Kanton Solothurn, Amt für Wald, Jagd und Fischerei Kanton Solothurn, Sektion Jagd und Fischerei, BVU Kanton Aargau, Abt. Landschaft und Gewässer, BVU Kanton Aargau: 99 S. + 44 S. Anhang.
- GUTHRUF, J. (2006b): Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. - Kurzfassung Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Amt für Umwelt Kanton Solothurn, Amt für Wald, Jagd und Fischerei Kanton Solothurn, Sektion Jagd und Fischerei, BVU Kanton Aargau, Abt. Landschaft und Gewässer, BVU Kanton Aargau: 58 S.
- GUTHRUF, J. (2008a): Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. - Umwelt-Wissen 8010: 161 S.

- GUTHRUF, J. (2008b): Fischbestandeskontrolle Aare Thun - Bern 2007. - Arbeitsbericht Aquatica, Auftrag: Fischereinspektorat des Kantons Bern: 9 S.
- GUTHRUF, J. (2008c): Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern Erfolgskontrolle, Ist-Zustand Gewässerökologie und Fische. - Bericht Aquatica, Auftrag: Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieur Kreis II: 9 S.
- GUTHRUF, J. (2009): Fischaufstiegskontrollen im neuen Raugerinne-Beckenpass beim Wehr Schönenwerd. - Bericht Aquatica, Auftrag: Kraftwerk IBAarau AG: 16 S.
- HEFTI D. 2012: Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken. Checkliste Best practice. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1210: 79 S.
- HOLZNER, M. (2000): Untersuchung über die Schädigung von Fischen bei der Passage des Mankraftwerks Dettelbach. Institut für Tierwissenschaften. - Diss. Technische Universität München: 335 S.
- HUET, M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. - Schweiz. Z. Hydr. XI (3/4): 332-351.
- HUET, M. (1962): Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. - Schweiz. Z. Hydr. 24: 408-411.
- JEAN-RICHARD, P. (1995): Kontrollprogramm NLS - Fliessgewässerfauna im Aareraum zwischen Aarau und Rapperswil. - Schlussbericht 1988 - 1992 Auftrag: Baudepartement des Kantons Aargau: 219 S.
- KIRCHHOFER, A.; BREITENSTEIN, M.; ZAUGG, B. (2007): Rote Liste, Fische und Rundmäuler. - Bundesamt für Umwelt BAFU, Umwelt-Vollzug 34: 5-64.
- KÜTTEL, S.; PETER, A.; WÜEST, A. (2002): Rhone Revitalisierung, Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten schweizerischer Fliessgewässer. - EAWAG, Auftrag: 34 S. + 5 S. Anhang.
- LARINIER, M. (1983): Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barages par les poissons migrateurs. - Bull. Fr. Piscic. Num. Spec.: 39 S.
- LARINIER, M.; MARMULLA, G. (2002): Fish passes: types, principles and geographical distribution - an overview. - Auftrag: 18 S.
- LARINIER, M.; TRAVADE, F.; PORCHER, J. P. (2002): Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. - Bull. Fr. Pêche Piscic., 364 suppl.: 208 S.
- MUUS, B. J.; DAHLSTRÖM, P. (1968): Süßwasserfische Europas. - BLV-Bestimmungsbücher: 224 S.
- NOTTER, B.; STAUB, E. (2009): Lebensraum der Bachforelle um 2050, Schätzung anhand eines GIS-basierten Modells. - GWA 1 (2009): 39-44.
- ORTLEPP, J.; GERSTER, S. (1998): Literaturstudie über biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein. - HYDRA Schüpfen, H. K., Auftrag: Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau: 60 S. + 19 S. Anhang.
- RUTSCHMANN, P.; FIEDLER, K.; ACHE, M. (2008): Aalabstiegsanlage Dettelbach, Schlussbericht. - Auftrag: Technische Universität München, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Department für Tierwissenschaften Fachgebiet Fischbiologie: 32 S.
- SCHÄLCHLI, U.; BREITENSTEIN, M.; KIRCHHOFER, A. (2010): Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehaltungs der Aare - die kieslaichenden Fische freuts. - Wasser Energie Luft 102(3): 209-213.
- SCHMUTZ, S.; MATULLA, C. (2004): Beurteilung der Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf die Fischfauna anhand ausgewählter Fliessgewässer. - Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG), I. f. M. B.-M., Auftrag: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 47 S.
- SCHWARZ, M. (1996): Verbreitung und Habitatsansprüche des Strömers (*Leuciscus souffia* RISSO 1826) in Fliessgewässern der Schweiz. EAWAG Forschungszentrum für Limnologie CH-6047 Kastanienbaum. - Bauer, G.; Peter, E. B. A. Kastanienbaum, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.: 111 S.
- SCHWEVERS, U.; ADAM, B., Eds. (2006): Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen, Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für Durch-

- führung und Bewertung. DWA-Themen. -, DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: 123 S.
- SCHWEVERS, U.; SCHINDEHÜTTE, K.; ADAM, B.; STEINBERG, L. (2004): Zur Passierbarkeit von Durchlässen für Fische. - LÖBF-Mitteilungen 3/04: 27-43.
- STEINMANN, P. (1935): Ueber den Fischeaufstieg im Rhein und in der Aare auf Grund von Fischpasskontrollen im Jahre 1934. - Schweizerische Fischerei-Zeitung 43: 19 S.
- STEINMANN, P.; KOCH, W.; SCHEURING, L. (1937): Die Wanderungen unserer Süßwasserfische. Dargestellt aufgrund von Markierungsversuchen. - Zeitschrift für Fischerei 40: 622 S.
- STUCKI, P.; ZAUGG, B. (2005): Decapoda Atlas. - Fauna Helvetica (15): 56 S.
- STUCKI, T. (2008): Fremde Krebse im Aargau. - Umwelt Aargau 40: 41-44.
- TRAVADE, F. (2005): Le franchissement des aménagements hydroélectriques par les poissons migrateurs: l'expérience EDF. - La Houille Blanche 5: 60-68.
- WARREN, M. L.; PADREW, M. G. (1998): Road crossings as barriers to small-stream fish movement. - Trans. Am. Fish. Soc. 127: 637-644.
- WINKLER, C. (1995): Untersuchungen zur Biologie und Ökologie des Strömers (*Leuciscus souffia agassizi* Val.) in nördlichen Bodenseezuflüssen. Abteilung Ökologie und Morphologie der Tiere. - Ulm, Universität Ulm: 87 S.
- ZAUNER, G.; PINKA, P.; MOOG, O. (2001): Pilotstudie Oberes Donautal, Gewässerökologische Evaluierung neugeschaffener Schotterstrukturen im Stauwurzelbereich des Kraftwerks Aschach. - Auftrag: Wasserstrassendirektion: 131 S.
- ZBINDEN, S.; DELARUE, E.; HEFTI, D. (2005): Monitoring der Nase (*Chondrostoma nasus*) in der Schweiz, 1995-2004. - BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 82: 29 S. + 36 S. Anhang.
- ZBINDEN, S.; HEFTI, D. (2000): Monitoring der Nase (*Chondrostoma nasus*) in der Schweiz. - BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 67: 74 S.
- ZITEK, A.; HAIDVOGL, G.; JUNGWIRTH, M.; PAVLAS, P.; SCHMUTZ, S. (2007): Ein ökologisch-strategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Fischfauna in Österreich, AP5 des MIRR-Projektes, Endbericht. - Studie Universität für Bodenkultur, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Auftrag: Lebensministerium und Land Niederösterreich: 138 S.