

10
|
08

> Fischeaufstieg am Hochrhein

Koordinierte Zählung 2005/06



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

10
—
08

> Fischaufstieg am Hochrhein

Koordinierte Zählung 2005/06

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Internationale Fischereikommission für den Hochrhein
Baden-Württemberg (Regierungspräsidium Freiburg)

Autor

Joachim Guthruf, Aquatica GmbH

Begleitung

Stefan Gerster

Pascale Steiner, BAFU, Sektion Fischerei und aquatische Fauna

Zitiervorschlag

Guthruf J. 2008: Fischeaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. Umwelt-Wissen Nr. 8010. Bundesamt für Umwelt, Bern. 161 S.

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelfoto

Raugerinne-Beckenpass beim Wehr Rheinfelden, Foto J. Guthruf

Download PDF

www.umwelt-schweiz.ch/uw-8010-d

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UW-8010-D

© BAFU 2008

> Inhalt

Abstracts	5		
Vorwort	7		
Zusammenfassung	8		
<hr/>			
1	Einleitung	12	
1.1	Aufgabenstellung und Auftrag	12	
1.2	Fischwanderungen, Bedeutung und ökologische Hintergründe	13	
1.2.1	Typen von Fischwanderungen	13	
1.2.2	Bedeutung von Wanderungen im Lebenszyklus	13	
1.2.3	Weitere Funktionen von Fischwanderungen	15	
1.2.4	Partielle Passierbarkeit, zeitliche Verzögerung	16	
1.2.5	Anforderungen an Fischwanderhilfen am Hochrhein	16	
1.3	Aufstiegskontrollen, Überblick über Gebiet und Zeitrahmen	17	
1.4	Technische Bewertung der FAH	20	
1.5	Bewertung der FAH anhand des Fischaufstiegs	21	
<hr/>			
2	Methodik	22	
2.1	Verwendung der Abflussdaten des BAFU	22	
2.2	Messung physikalischer Parameter an den FAH	22	
2.3	Koordination der Zählungen, Qualitätssicherung	24	
2.3.1	Funktionskontrolle, Erfassung aller Modifikationen seit 1990	24	
2.3.2	Instruktion des Zählpersonals, Unterlagen	25	
2.3.3	Artbestimmung	26	
2.3.4	Datensicherheit, Datenqualität, Plausibilisierung	26	
2.3.5	Gemeinsame Aufstiegskontrolle	26	
2.3.6	Wehrüberfall	27	
2.3.7	Betrieb der Turbinen	28	
2.3.8	Messung der Länge der Fische	28	
2.4	Anzahl aufsteigende Fischarten	29	
2.4.1	Färbversuch mit Uranin	29	
<hr/>			
3	Resultate	30	
3.1	Wassertemperatur und Abfluss während der Zählungen	30	
3.1.1	Wassertemperatur	30	
3.1.2	Abfluss	31	
3.2	Technische Überprüfung der Anlagen	32	
3.2.1	Färbversuch mit Uranin	32	
3.2.2	Einfluss von Abfluss und Temperatur auf den Fischaufstieg	37	
3.2.3	Wehrfelder, Turbinenbetrieb	40	
3.3	Gesamtaufstieg am Hochrhein zwischen April und Oktober 2005	42	
3.4	Vergleich mit dem Gesamtaufstieg an der Aare (Apr. und Okt. 2005)	44	
3.5	Jahreszeitliche Verteilung des Fischaufstiegs	46	
3.6	Zeitliche Veränderung des Fischaufstiegs und Fangs	51	
3.6.1	Veränderung des Aufstiegs und Fangs vor 1985/90	51	
3.6.2	Veränderung des Gesamtaufstiegs in den Jahren 1985, 1995 und 2005	52	
3.6.3	Zu- bzw. Abnahme der verschiedenen Fischarten im Aufstieg	54	
3.6.4	Zeitliche Veränderung von Fischaufstieg und Fang zwischen 1985 und 2005	60	
3.7	Aufstieg während und ausserhalb der Laichzeit	63	
3.8	Variabilität von Jahr zu Jahr	65	
3.9	Einteilung nach Strömungsgilden, Fischregionsindex	66	
3.9.1	Strömungsgilden	66	
3.9.2	Fischregionsindex	69	
3.10	Tageszeitliche Aufstiegsfrequenz beim Kraftwerk Schaffhausen	69	
3.11	Technische Bewertung der FAH	71	
3.12	Beurteilung der einzelnen FAH anhand des Fischaufstiegs	74	
3.12.1	Artenzahl	74	
3.12.2	Aufstieg von Kleinfischarten (Schneider)	76	
3.12.3	Längenverteilung der Barben	78	
3.12.4	Grosswüchsige Fischarten im Fischaufstieg	80	
3.12.5	Zeitliche Limitierung des Fischaufstiegs	82	
3.12.6	Strömungsgilden	84	
3.12.7	Gesamt-Bewertung der FAH und Staustufen anhand des Fischaufstiegs	86	
3.12.8	Vergleich technische Bewertung – Fischaufstieg	89	

4	Diskussion, Ausblick	92
4.1	Zahl der aufsteigenden Fische	92
4.2	Artenzahl im Verhältnis zum Potenzial im Unterwasser	95
4.3	Saisonale Selektivität der FAH, Längen- und Artenselektion	98
4.4	Der Rapfen, Einwanderung und Verbreitung einer neuen Art	99
4.5	Bestandesentwicklung des Aals	100
4.6	Winterschliessungsrecht	103
4.7	Empfehlungen für den Bau neuer FAH oder bauliche Anpassungen	104
<hr/>		
Anhang		107
A1	Tabellenanhang	107
A2	Bewertung der FAH nach technischen Kriterien und Fischaufstieg	120
A3	Unterlagen Aufstiegskontrollen	135
<hr/>		
Verzeichnisse		156
	Abbildungen	156
	Tabellen	158
	Literatur	159

> Abstracts

The functionality of fish ladders installed at hydropower plants on the upper Rhine are assessed every ten years. The latest data was collected between April 2005 and March 2006 and covers 15 fish ladders at 10 hydropower plants. A total of 55'000 fish were monitored.

Of the 34 identified fish species, barbel and roach were dominant. For the 3 best fish ladders, the daily average pass was 30 fish, whereas this figure was 1 for the 3 worst ladders. Furthermore, the results of the study show that in fish ladders with natural gravel beds, migration starts 2–3 weeks earlier than in fish ladders with concrete beds as a result of the reduced water velocity near the bed and at baffles.

Some of the fish ladders show marked species selectivity due to their construction, which can lead to situations in which only the strongest-swimming fish can make it to the upper reaches of the Rhine. Fish ladders with the most natural construction (rock-ramp fishways, bypass watercourses) do not only ensure that more species can pass, but are also habitats for spawning and larval stages of the greyling, nase, brook lamprey and other river fish species.

Im Rhythmus von 10 Jahren werden die Fischaufstiegshilfen (FAH) der Kraftwerke am Hochrhein auf ihre Funktionalität überprüft. Die aktuelle Erhebung dauerte von April 2005 bis März 2006 und erfasste 15 Fischtreppe bei 10 Kraftwerken. Insgesamt wurden dabei 55'000 Fische erfasst.

Unter den 34 festgestellten Fischarten dominierten Barben und Rotaugen. Der mittlere Tagesaufstieg lag bei den drei besten FAH bei 30 Fischen, bei den drei schlechtesten FAH bei 1 Fisch. Die Resultate der Studie zeigen weiter, dass die Wanderung in FAH mit natürlicher Kiessohle aufgrund der reduzierten Fliessgeschwindigkeiten in Bodennähe und an den Engstellen zwei bis drei Wochen früher als in FAH mit Betonboden beginnt.

Einige der Aufstiegshilfen zeigen aufgrund ihrer Konstruktion eine deutliche Selektivität bezüglich der aufsteigenden Fischarten auf, was dazu führen kann, dass nur schwimmstarke Fische den Weg rheinaufwärts bewältigen können. Naturnahe FAH (Raugerinne-Beckenpass oder Umgehungsgewässer) garantieren nicht nur, dass mehr Arten aufsteigen können, sondern bieten auch für Äsche, Nase, Bachneunauge und anderen Flussfischarten Laich- und Larvenhabitate.

Keywords:
fish migration,
fish ladder,
river Rhine

Stichwörter:
Fischwanderung,
Fischaufstiegshilfen,
Hochrhein

Les dispositifs de franchissement pour poissons des centrales hydroélectriques du Haut-Rhin font l'objet d'un contrôle d'efficacité tous les 10 ans. Le présent relevé a duré d'avril 2005 à mars 2006 et a porté sur 15 passes à poissons de 10 centrales hydroélectriques. 55'000 poissons ont été recensés.

Parmi les 34 espèces observées, le barbeau et le gardon constituent les espèces dominantes. Les 3 passes à poissons les plus fréquentées ont enregistré en moyenne 30 poissons par jour et les 3 les moins fréquentées 1 poisson par jour. L'étude montre que la migration dans les dispositifs de franchissement aménagés avec un substrat de gravier commence 2 à 3 semaines plus tôt que par les passes en béton. La présence d'un substrat naturel réduit la vitesse d'écoulement sur le fond ainsi qu'aux passages étroits.

En fonction de leur construction, certaines passes ont un effet sélectif sur les poissons pouvant aboutir à ce que seuls les meilleurs nageurs peuvent remonter le Rhin. Les passes les plus naturelles (passe à bassins avec substrat rugueux ou rivière artificielle de contournement) garantissent non seulement le franchissement d'un plus grand nombre d'espèces, mais offrent aussi frayères et habitats larvaires à la petite lamproie, à l'ombre, au nase ainsi qu'à d'autres espèces.

Ogni 10 anni viene esaminata la funzionalità degli impianti di risalita per pesci costruiti presso le centrali idroelettriche del Alto Reno. Il rilevamento attuale è durato dall'aprile 2005 al marzo 2006 e ha interessato 15 scale per pesci realizzate a valle di 10 centrali. Complessivamente sono stati registrati in tale ambito 55'000 pesci.

Fra le specie ittiche rilevate hanno predominato il barbo e il triotto rosso. La media quotidiana dei pesci in risalita è stata di 30 pesci presso i tre impianti meglio strutturati e di 1 pesce presso gli impianti meno funzionali. I risultati della ricerca mostrano inoltre che, in seguito alla ridotta velocità di corrente a livello del suolo e alle strettoie presenti, la risalita dei pesci negli impianti con un fondo naturale in ghiaia inizia con un anticipo di due o tre settimane rispetto alla risalita negli impianti con un fondo in calcestruzzo.

Tuttavia, alcuni impianti sono stati costruiti in modo tale da operare una selezione importante fra le specie ittiche in risalita e ciò può far sì che riescano a risalire il Reno solo le specie con una forte capacità natatoria. Gli impianti seminaturali (rampe in pietrame con passaggio per pesci a bacini successivi o corso d'acqua con tratto diversivo) garantiscono non soltanto la risalita a un più ampio ventaglio di specie, ma offrono anche un habitat per le uova e le larve di pesci quali il temolo, il naso, la lampreda da ruscello e di altre specie ittiche fluviali.

Mots-clés:

migration,
passes à poisson,
Haut-Rhin

Parole chiave:

migrazione dei pesci,
impianti di risalita,
Alto Reno

> Vorwort

Viele Tiere zeigen ein ausgeprägtes Wanderverhalten und nutzen entsprechend grosse Lebensräume. Die dabei zurückgelegten Wanderdistanzen sind eindrucklich. So wechselt der Blauwal zwischen sommerlichen Fressplätzen in der Polargegend und tropischen Fortpflanzungsgebieten; der Atlantische Lachs wechselt zwischen den als Jugendgewässer zurückerobereten Rheinabschnitten und den Fressplätzen vor Grönland; das Überwinterungsgebiet der bei uns brütenden Schwalbe liegt in Afrika; selbst einige Schmetterlingsarten nehmen die Strapazen einer Alpenquerung auf sich, um im Winter der Kälte und dem Hunger zu entfliehen.

Die Fische sind bei ihrer Wanderung an das lineare System der Flüsse und Bäche gebunden. Das macht sie besonders empfindlich für Wanderhindernisse. Wo das Längskontinuum der Fliessgewässer unterbrochen wird durch künstliche Überfälle, Kraftwerkswehre usw., können Seeforellen ihre Eier nicht mehr in die Jugendgewässer ihrer Art hochtragen, Nasen können nicht mehr zu den als Massenansammlung organisierten Hochzeitsplätzen heranschwimmen, bei Hochwassern abgeschwemmte Barben können ihre Abdrift nicht mehr kompensieren, usw.

Die freie Fischwanderung ist deshalb eine zentrale Voraussetzung für die Erhaltung der Fischbestände. Wo diese Wanderung mit künstlichen Massnahmen wie Fischaufstiegs-hilfen um Hindernisse herumgeführt wird, muss periodisch überprüft werden, wie gut diese Fischtreppe funktionieren und wie die, trotz Fischpässen, verringerte Wanderung sich auf die Fischbestände auswirkt. An den Fischtreppe der Hoahrhein-Kraftwerke wird deshalb alle zehn Jahre eine koordinierte Kontrolle durchgeführt. Bei der Überprüfungsperiode 2005–2006 wurde zusätzlich zum Hoahrhein auch das Aare-system untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass weiterhin Zehntausende von Fischen wandern wollen, doch lässt der Vergleich zu früheren Daten auf einen sich weiter verarmenden Fischbestand schliessen. Auch gehen aus den Untersuchungen einige technische Verbesserungsvorschläge hervor, die nun umgesetzt werden müssen.

Evelyne Marendaz
Leiterin Abteilung Artenmanagement
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Zusammenfassung

Die letzten koordinierten Fischaufstiegskontrollen an den Hochrheinkraftwerken datieren aus den Jahren 1985/86 und 1995/96. Im Jahr 2005/06 wurden erneut Kontrollen durchgeführt. 10 von 11 Hochrheinkraftwerken sind mit einer oder mehreren Fischaufstiegshilfen (FAH) ausgerüstet; die Zählungen dauerten vom 1.4.2005 bis am 31.3.2006 und umfassten 15 von insgesamt 16 FAH. In der von Bauarbeiten tangierten linksufrigen FAH beim Wehr Rheinfelden wurden keine Zählungen durchgeführt. Im vis à vis gelegenen Raugerinne-Beckenpass, welcher im April 2006 noch im Bau war, wurde vom 9.7.2005 bis am 8.7.2006 gezählt. Neben 12 konventionellen Beckenpässen wurden ein Raugerinne-Beckenpass (Rheinfelden), ein Vertikalschlitzpass (Augst) und ein Fischlift (Wyhlen Wehr) untersucht.

Täglich wurden die in Kontrollreusen gefangenen Fische nach Art getrennt ausgezählt. Dabei wurden pro Fischart jeweils das längste und das kürzeste Individuum gemessen.

Im Jahr 1985 wurden an allen FAH Färbversuche durchgeführt. An FAH, welche seit 1985 wesentliche Veränderungen im Einstiegsbereich erfahren haben, wurden die Färbversuche im Jahr 2005 wiederholt. Die Leitströmung unterschied sich je nach FAH und je nach Öffnung der Wehrklappen. Zudem konnte die Strömungsvielfalt in den Becken gezeigt werden.

Bei hohen Wassertemperaturen stiegen mehr Fische auf als bei niedrigen, weil die im Hochrhein häufigen Fischarten in der warmen Jahreszeit am aktivsten sind (Laichzeit, Nahrungsaufnahme). Zudem nimmt die Schwimmleistung der Fische – extreme Hitzephasen ausgeklammert – mit steigender Temperatur zu.

Durch die Öffnung der am nächsten bei der FAH gelegenen Wehrklappe bzw. durch Betrieb der am nächsten gelegenen Turbine während der Haupt-Aufstiegsphase der Fische kann die Suchzeit der Fische zum Auffinden des Einstiegs verkürzt werden.

Barben zeigten im Mai und Juni erhöhte Aktivität, welche mit Laichwanderungen in Verbindung gebracht werden kann. Später im Jahr mit Maximum im September stiegen vor allem junge Barben auf, welche vermutlich auf dem Weg in ihre Wintereinstände waren.

Die Wanderungen der Rotaugen erreichten ihre Maxima Ende April – Anfang Mai und Ende August – Anfang September. In FAH mit natürlicher Kiessohle setzten die Wanderungen 2–3 Wochen früher ein als in FAH mit Betonboden, was durch die reduzierten Fließgeschwindigkeiten in den Engstellen und die dadurch verbesserte Passierbarkeit für Fische erklärbar ist.

Das Aufstiegsmaximum Anfang September 2005 im Anschluss an das extreme Hochwasser von Ende August kann als Kompensationswanderung interpretiert werden. Der

Aufstiegspeak, an dem alle Arten beteiligt waren, war am ausgeprägtesten in den parallel untersuchten FAH an der Aare, wo das Hochwasser am stärksten war; im Rhein unterhalb der Aaremündung war der Aufstiegspeak in abgeschwächter Form feststellbar, im Rhein oberhalb der Aaremündung, wo das Abflussgeschehen stark durch den Bodensee gepuffert war, blieb eine erhöhte Aufstiegsfrequenz aus.

Fang und Fischaufstieg sind im Rhein (wie auch in der gleichzeitig untersuchten Aare) seit den 1950er-Jahren zusammengebrochen. Überproportional gingen die strömungsliebenden Fischarten zurück, insbesondere die Nase. Der Einbruch dieser Art erfolgte in Aare wie im Hochrhein zwischen den 1950er- und den 1980er-Jahren. Als Haupt-Ursache wird ein Lebensraum-Verlust (Aufstau der Flüsse) ausgemacht.

Seit 1985 hat der Aal im Fang und Fischaufstieg sehr stark abgenommen. Auch die Barbe ist im Fang und Fischaufstieg viel seltener als noch im Jahr 1995.

Wels und Rapfen sind dagegen im Hochrhein im Fang und im Fischaufstieg häufiger geworden. Seit 1995 hat sich der Rapfen mehr als 29 km flussaufwärts ausgebreitet.

Während Barbe und Nase vor allem während der Laichzeit die FAH frequentierten, wanderten Rotfeder, Barsch, Laube, Rotaugen und Hasel vorwiegend ausserhalb der Laichzeit.

Die höchsten Anteile strömungsliebender Arten wurden ober- oder unterhalb von Fließstrecken registriert. Im Hochrhein, wo die Barbe dominiert, kamen die Strömungsliebenden auf 55 % der aufsteigenden Fische. Vergleichsweise waren in der Aare unterhalb Solothurns, wo die Barbe seit 1990 empfindlich abgenommen hat, die Strömungsliebenden mit 36 % deutlich seltener.

Die neu erstellten FAH schneiden bezüglich der **technischen Kriterien** allesamt gut ab. Nur 2 von 16 Anlagen sind mit einer Natursohle ausgerüstet. In den übrigen FAH ist oft der Absturz zwischen den Becken zu hoch, mit für Fische unüberwindbaren Fließgeschwindigkeiten. Die Becken mehrerer FAH sind zu klein, was zu starke Turbulenzen zur Folge hat. Generell ist der Abfluss in den FAH zu niedrig und damit die Lockwasserwirkung zu gering.

Die **Aufstiegswahlen** variierten sehr stark: Beim Wehr Albrück-Dogern stiegen 11'700 Fische auf, während lediglich 163 Fische die FAH beim Maschinenhaus frequentierten. Beim Kraftwerk Schaffhausen gelangten 10'544 Fische ins Oberwasser, beim Kraftwerk Eglisau lediglich deren 261. Derartige Unterschiede sind ein klarer Hinweis auf mangelnde Funktionsfähigkeit. Die meisten Fische wurden bei den wehrseitigen Anlagen registriert.

Die **Artenzahl** variierte ebenfalls sehr stark, konnten doch 95 % der im Unterwasser des Kraftwerks Säkingen nachweisbaren Arten auch die FAH passieren. Bei Birsfelden, Ryburg-Schwörstadt und Rheinfeldern waren es über 70 %. Die FAH Eglisau (8 %) und Albrück-Dogern (je 24 %) sind dagegen in hohem Grad artenselektiv.

Kleinfischarten wie Schneider frequentierten die FAH mit natürlicher Sohle (Rheinfeldern und Augst) am stärksten.

Die Staustufe Eglisau konnten lediglich 2 von 10 im Unterwasser lebende **Strömungsgilden** (beides strömungsliebende) überwinden. Bei den Staustufen Säckingen, Augst-Wyhlen und Birsfelden waren dagegen alle Gilden aus dem Unterwasser auch im Aufstieg vertreten.

Die FAH Eglisau ist wegen der bis über 60 cm hohen Abstürze **grössenselektiv**: Barben unter 20 cm Länge, die in allen anderen FAH sehr häufig waren, fehlten in Eglisau weitgehend.

An den FAH am Hochrhein stiegen nur wenige Fische **grosswüchsiger Arten** (Karpfen, Wels, Hecht) auf. Solche Fische wurden vergleichsweise häufig in der mit hohem Durchfluss dotierten FAH an der Aare bei Ruppoldingen festgestellt; in 5 FAH (Schaffhausen, Eglisau, Reckingen Maschinenhaus, Albruck-Dogern Wehr, Ryburg-Schwörstadt) fehlten die oben erwähnten Arten ganz.

Beim Kraftwerk Schaffhausen stiegen nur während 20 und beim Kraftwerk Eglisau (Winterschliessung) nur während 23 Wochen Fische auf, was einer starken **zeitlichen Limitierung** gleichkommt. Die beiden FAH mit natürlicher Sohle (Rheinfeldern, Augst) wurden dagegen während 42 bzw. 44 Wochen benutzt.

Bei der **Gesamtwertung** anhand aller Kriterien des Fischaufstiegs wurde die FAH Eglisau als sehr schlecht klassiert. Da die Staustufe mit lediglich einer FAH ausgerüstet ist, liegt ein sehr grosses Defizit vor. Im Rahmen der Neukonzession sind zwei neue FAH geplant. Die Beckenpässe der Staustufen Schaffhausen und Albruck-Dogern (Maschinenhaus) wurden als schlecht klassiert. Die vor kurzem erstellte FAH Rheinfeldern erhielt dagegen eine gute Gesamtwertung. Die FAH in Augst und Birsfelden wurden als genügend bewertet. Die FAH Rheinfeldern und Augst gehören zudem zu den drei Anlagen mit der höchsten Dotation.

Die technische Bewertung und die Bewertung anhand des Fischaufstiegs korrelieren sehr stark. Im Einzelnen wirken sich ein hoher Abfluss, grosse Becken, gross dimensionierte Engstellen (Schlupflöcher, Schlitze) und eine Natursohle positiv auf den Gesamtaufstieg aus.

Zukünftige FAH sollten deshalb höher dotiert werden. Um die Turbulenz in den Becken gering zu halten, sollten diese möglichst geräumig dimensioniert werden. Auch die Engstellen (Schlupflöcher, Schlitze) sollten möglichst gross sein. Naturnahe FAH (Raugerinne-Beckenpass oder Umgehungsgewässer) garantieren nicht nur, dass mehr Arten (unter anderem die gefährdete Äsche) aufsteigen können, sondern bieten auch für Äsche, Nase, Bachneunauge und anderen Flussfischarten Laich- und Larvenhabitat.

Durch das **Winterschliessungsrecht** werden winteraktive Fischarten wie Bachforelle und Äsche an ihren Wanderungen gehindert. Werden alte FAH durch Anlagen ersetzt, die dem neusten Kenntnisstand entsprechen, kann die Aufstiegsphase ins Winterhalb-

jahr ausgedehnt werden, was durch das Winterschliessungsrecht wieder zunichte gemacht wird. Die Forderung gemäss dem Stand der Technik, dass FAH an **mindestens 300 Tagen im Jahr** auffindbar und passierbar sein müssen, kann nicht erfüllt werden, wenn diese nur an 244 Tagen im Jahr in Betrieb sind. Das Winterschliessungsrecht widerspricht deshalb den aktuellen Anforderungen an FAH und sollte aus fischökologischer Sicht nicht erneuert werden.

1 > Einleitung

1.1 Aufgabenstellung und Auftrag

Im 1992 publizierten Bericht (BUWAL, Schriftenreihe Fischerei Nr. 48) über die 1985/86 durchgeführten Fischpasskontrollen am Hochrhein wird vorgeschlagen, solche Untersuchungen mindestens einmal pro Jahrzehnt durchzuführen. Im Jahr 1995/96 wurden die Kontrollen erstmals wiederholt, und die Ergebnisse der Untersuchung wurden im Bericht von 1998 (BUWAL, Schriftenreihe Fischerei Nr. 60) publiziert. Eine Wiederaufnahme von Grossuntersuchungen über alle in den Jahren 1995/96 erfassten Fischpässe ergab sich somit für das Jahr 2005/06.

Für die Untersuchungen 2005/06 werden folgende Ziele definiert:

Technische Ziele

- > Nachweis und Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Fischpässe anhand der Aufstiegszahlen und Daten über die Fischbestände im Unterwasser.
- > Beurteilung der Funktionsfähigkeit verschiedener Fischpasstypen.
- > Erfolgskontrolle betreffend Änderungen bzw. Verbesserungen, die zwischen 1995 und 2005 ausgeführt wurden.
- > Hinweise für zukünftige bauliche Verbesserungen.

Biologische Ziele

- > Kenntnisse über Zusammensetzung der Fischbestände (ergänzend zu den Aussagen via Fangstatistiken).
- > Informationen zum Migrationsverhalten verschiedener Fischarten.
- > Dokumentation der interannuellen Variabilität des Fischaufstiegs.

Allgemeine Ziele

- > Information der Öffentlichkeit über die Wirksamkeit der Migrationshilfen.
- > PR-Gelegenheit für Kraftwerksbetreiber.
- > Einbezug der Angelfischer.

Am 3.6.2004 wurde die Firma Aquatica GmbH beauftragt, die entsprechenden Untersuchungen zu koordinieren, die Ergebnisse auszuwerten und einen Bericht zu verfassen.

1.2 Fischwanderungen, Bedeutung und ökologische Hintergründe

1.2.1 Typen von Fischwanderungen

Fische wie der atlantische Lachs unternehmen zum Teil Wanderungen von mehreren Tausend Kilometern, mit Beginn im Meer und den Laichplätzen im Fließgewässer als Ziel. Um diese zu erreichen, werden zum Teil natürliche Hindernisse von 3.5 m Höhe überwunden (Mills 1989). Auch wenn die Flussfischarten nicht mit derart spektakulären Wandermustern aufwarten können, so spielen Wanderungen auch bei diesen eine überlebenswichtige Rolle. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die ökologischen Hintergründe von Fischwanderungen kurz zusammengefasst.

Bei den Fischen werden drei Wandermuster unterschieden: Ozeanodromie (Wanderungen innerhalb des Salzwassers), Potamodromie (Wanderungen innerhalb des Süßwassers) und Diadromie (Wechsel zwischen Süß- und Salzwasser). Die letzte Gruppe wird in drei Untergruppen aufgeteilt:

- > **Anadromie:** Fortpflanzung und Jugendstadien im Süßwasser; grösster Teil der Ernährung im Salzwasser, Beispiel: atlantischer Lachs;
- > **Katadromie:** Fortpflanzung und Jugendstadien im Salzwasser; grösster Teil der Ernährung im Süßwasser, Beispiel: Aal;
- > **Amphidromie:** Jungfischstadien im Salzwasser, Fortpflanzung und grösster Teil der Ernährung im Süßwasser.

In der Schweiz kamen früher potamodrome, katadrome und anadrome Fischarten vor. Die Vertreter der letzten Gruppe (Stör, Maifisch, Fluss- und Meerneunauge, Meerforelle und Lachs) sind ausgestorben, nachdem der Wanderweg zwischen der Nordsee und den Laichplätzen im Hochrhein und seinen Zuflüssen unterbrochen wurde: Die Kanalisierung des Oberrheins durch den Wasserbauer Tulla und die entsprechend erhöhten Fließgeschwindigkeiten führten dazu, dass der Maifisch kaum mehr bis in die Schweiz gelangen konnte, Querbauten wie Kraftwerke und Wehre führten schliesslich zum Erliegen des Lachszuges. Nachdem das Kraftwerk Kembs im Zweiten Weltkrieg durch Bombardierung zerstört worden war, konnten vorübergehend nochmals 126 Lachse im Hochrhein gefangen werden (Gerster 1990).

1.2.2 Bedeutung von Wanderungen im Lebenszyklus

Eine Fischart durchläuft in ihrem Leben verschiedene Stadien, in welchen sie auf spezifische Habitate angewiesen ist. Diese Habitatansprüche werden am Beispiel der Äsche dargestellt:

Laichtiere sind auf strukturierte, mässig überströmte (20 -100cm/s) Areale mit Mittel- bis Feinkies angewiesen (Guthruf 1996; Ebel 2000), welche nicht zu hohe Feinstoffanteile aufweisen dürfen (Guthruf 1996).

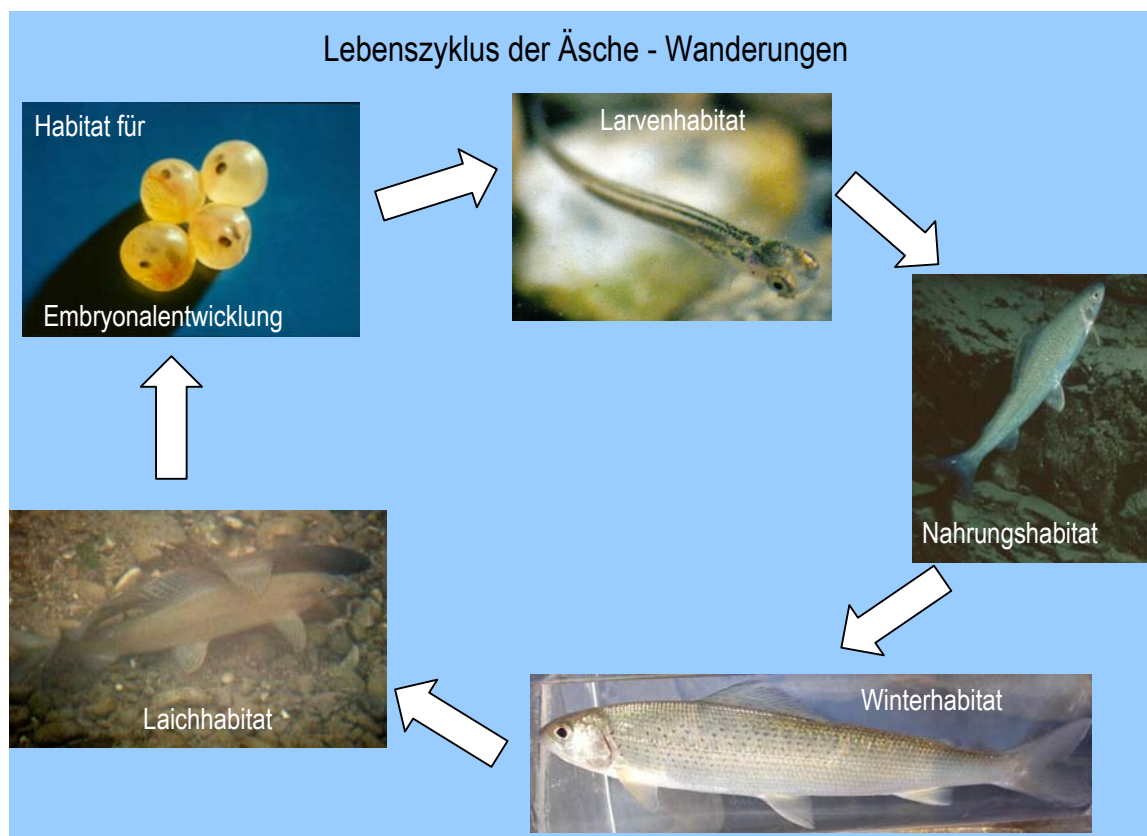
Die im Kies vergrabenen **Eier** sind bei ihrer Entwicklung zum Embryo auf eine ausreichende Versorgung mit sauerstoffreichem Wasser angewiesen.

Wenn die **Äschenlarven** den Kies verlassen, werden sie von der Strömung verdriftet und finden oft erst mehrere Kilometer flussabwärts des Laichplatzes ein geeignetes Habitat im Uferbereich, welches durch geringe Fließgeschwindigkeiten (< 10 cm/s) und geringe Tiefe charakterisiert ist (Bardonnnet 1989; Bardonnnet et al. 1991; Bardonnnet et al. 1993). Irgendeinmal im Leben müssen sie die Verdriftungsstrecke durch Aufwärtswanderung kompensieren (Northcote 1995).

Das Nahrungshabitat der **juvenilen Äschen** ist durch Fließgeschwindigkeiten zwischen 10 und 60 cm/s und Tiefen zwischen 40 und 80 cm charakterisiert. Mit zunehmendem Alter suchen die Äschen immer stärkere Strömungen und grössere Tiefen auf. Deshalb sind die Nahrungshabitate der juvenilen und adulten Äschen räumlich getrennt (Müller 1961).

Da im Winter nicht die Nahrungsaufnahme, sondern ein möglichst geringer Energieverbrauch im Vordergrund steht, sind die **Überwinterungshabitate** durch reduzierte Fließgeschwindigkeiten charakterisiert. Äschen unternahmen in der Aare zwischen Thun und Bern inklusive ihren Zuflüssen ausgedehnte Migrationen in die Überwinterungshabitate (Guthruf 1996). Vermutlich spielt auch die Vermeidung von Prädation eine Rolle, da Kormorane und Gänsesäger in der Schweiz überwintern.

Abb. 1 > Vereinfachte schematische Darstellung des Lebenszyklus der Äsche



Das Beispiel der Äsche (Abb. 1) zeigt, dass eine Vielzahl verschiedener Habitats notwendig ist, dass eine einzige Art überleben kann. Zusätzlich muss gewährleistet sein, dass diese Habitats in beiden Richtungen erreichbar sind. Fehlt nur ein einziges Teilhabitat oder ist dieses nicht erreichbar, kann der Lebenszyklus nicht geschlossen werden und Teile der Population oder die gesamte Population stirbt aus. Die Möglichkeit der freien Wanderung ist deshalb für jede Fischpopulation absolut überlebenswichtig. Fische, die in einem Gewässer mit ausgeprägter Habitatvielfalt leben, zeigen ein weniger ausgeprägtes Migrationsverhalten als Bewohner von monotonen Gewässern (Knaepkens 2006). Folglich sind im stauregulierten und auf langen Strecken monotonen Hochrhein (Maurer et al. 2002) Wanderungen von besonderer Bedeutung.

Früher lebte im Genfersee eine sehr grosse Äschenpopulation, welche von der freien Verbindung zur Rhone bei Genf und ihren Zuflüssen profitierte. In der Rhone selbst und in der Arve, einem Rhone-Zufluss unterhalb Genfs lagen die Laichgebiete. Die Unterbrechung des Kontinuums zwischen Rhone und Genfersee war der Beginn des Untergangs der grossen Äschenpopulation des Genfersees (Persat 1988). In kleinen Gewässern konnte vielfach gezeigt werden dass die Artenvielfalt oberhalb des ersten Wanderhindernisses massiv reduziert war (Ammann 2006). In Zuflüssen der Donau konnte dagegen mit dem Bau naturnaher Fischwanderhilfen die Artenzahl in innerhalb eines einzigen Jahres von 22 auf 38 erhöht werden (Zitek et al. 2004).

1.2.3 Weitere Funktionen von Fischwanderungen

In jedem Gewässer gibt es Abschnitte mit Subpopulationen, welche weitaus mehr Nachkommen produzieren, als im entsprechenden Gewässerabschnitt überleben können. Diese werden als «Source-Subpopulationen» bezeichnet. Durch Wanderung können die Nachkommen benachbarte Gewässerabschnitte besiedeln, welche weniger produktiv sind und ohne diese Zuwanderung keine eigenständige Population aufrechterhalten könnten. Solche Bestände werden «Sink-Subpopulationen» genannt (Schlosser 1995). Die Möglichkeit der Wanderung garantiert somit eine hohe Bestandesdichte für das ganze Gebiet. Durch Veränderungen im Gewässer kann der Status einer Subpopulation im zeitlichen Verlauf wechseln. Deshalb ist die Längsvernetzung auch Voraussetzung für das langfristige Überleben der ganzen Population.

Das temporäre Aussterben von Subpopulationen in Gewässern bei Extremereignissen wie Trockenheit, extremen Temperaturen oder Hochwassern oder durch Prädation oder Krankheiten ist ein natürliches Phänomen. Durch menschliche Aktivitäten (Wasserentnahmen, Gewässerverschmutzung, Kanalisierung, Klimaänderung, etc.) erhöht sich die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse. Bei freier Durchwanderbarkeit können die Fische aus Gewässerstrecken mit erhöhtem Risiko flüchten. Im Hitzesommer 2003 konzentrierten sich die Äschen der Sarner Aa im Mündungsbereich kühler Zuflüsse (Guthruf 2007). Je länger die durchwanderbare Strecke dieser Zuflüsse ist, desto mehr Äschen können solche Hitzeperioden überleben.

Auch Gewässerverschmutzungen können sich Fische durch Migrationen entziehen (Northcote 1995). Bei gut vernetzten Gewässern ist eine Wiederbesiedlung nach dem Abklingen der Verschmutzungswelle möglich (Parkinson et al. 1999). Gewässerstre-

cken, aus denen eine Art einmal ganz verschwunden ist, können nur wiederbesiedelt werden, wenn das Gewässerkontinuum intakt ist.

Wehre und Schwellen zerstückeln ursprünglich zusammenhängende Populationen in immer kleinere Teilbestände. Vor allem die am meisten flussaufwärts gelegenen unterliegen einer zunehmenden genetischen Verarmung, was am Beispiel der Äsche gezeigt werden konnte (Bouvet et al. 1990). Die Anpassungsfähigkeit genetisch verarmter Populationen bei veränderten Umweltbedingungen ist stark reduziert, das längerfristige Überleben ist nicht mehr gesichert.

1.2.4 Partielle Passierbarkeit, zeitliche Verzögerung

Eine Zusammenfassung verschiedener Aufstiegskontrollen an Fischaufstiegshilfen ergab, dass zahlreiche Anlagen nicht oder nur ungenügend funktionieren (Schwevers et al. 2005). Auch wenn eine Anlage «nur» während einer bestimmten Jahreszeit, «nur» für Jungfische oder «nur» für Adulttiere unpassierbar ist, so kann der Lebenszyklus der entsprechenden Population nicht mehr geschlossen werden. Selbst eine zeitliche Verzögerung oder ein Verlust an Energiereserven, die der Fisch beim Suchen des Einstiegs erleidet, kann sich schwer auswirken, da die Energiereserven und die Dauer der Wanderung für jeden Ökotypen spezifisch auf sein Gewässer abgestimmt sind (Ammann 2006). Im Loire-Allier-System, mit einer sehr grossen für Lachse durchwanderbaren Gewässerstrecke (860 km), müssen die laichreifen Lachse viel früher in den Fluss einsteigen (6–14 Monate vor Laichzeit) als in anderen Flüssen (2–10 Monate). Der sehr lange Aufenthalt im Süsswasser ohne jegliche Nahrungsaufnahme erfordert entsprechend hohe Energiereserven: Die ins Loire-Allier-System aufsteigenden Laichtiere haben längere Zeit im Meer verbracht als in anderen Gewässern und sind deshalb entsprechend grösser und mit mehr Energiereserven ausgestattet (Mills 1989). Auch bei reinen Fliessgewässerarten können sich zeitliche Verzögerungen bzw. Energieverluste fatal auswirken. Zudem ist das Verletzungsrisiko bei den wiederholten Versuchen, eine Barriere zu überwinden, nicht unbedeutend (Ovidio & Philippart 2002).

1.2.5 Anforderungen an Fischwanderhilfen am Hochrhein

Gerade im stauregulierten und weitgehend monotonen Hochrhein sind Fischwanderhilfen sehr wichtig. Sie müssen gewährleisten, dass:

- > alle im Unterwasser vorkommenden Fischarten aufsteigen können, auch schwache Schwimmer, bodenbewohnende Arten, grosswüchsige Arten und Kleinfischarten.
- > bei den vorkommenden Arten alle Altersklassen die Staustufe überwinden können.
- > die Querbauwerke in beiden Richtungen ohne erhöhte Mortalitäten passierbar sind. Vor allem die Passierbarkeit für grosse abwärts wandernde Fische ist heute noch weitgehend ungelöst (Dönni et al. 2001).
- > die Querbauwerke während des gesamten Jahres passierbar sind. Vor allem im Zusammenhang mit einer möglichen Flucht aus lebensfeindlichen Bedingungen müssen die Anlagen ganzjährig passierbar sein.
- > die Wanderung der Fische nicht durch schlechte Auffindbarkeit des Einstiegs bzw. durch schlechte Passierbarkeit der Anlage zeitlich verzögert werden.

1.3 Aufstiegskontrollen, Überblick über Gebiet und Zeitrahmen

In den Jahren 2005/06 wurden, wie bereits in den Jahren 1985/86 und 1995/96 koordinierte Zählungen des Fischeaufstiegs in den Fischeaufstiegshilfen (FAH) der Hochrheinkraftwerke durchgeführt. Im Unterschied zu den vergangenen beiden Kampagnen beteiligten sich an dieser Zählung alle 11 Hochrheinkraftwerke, welche FAH betreiben. Beim Kraftwerk Rheinau fehlte auch im Jahr 2005/06 eine Wanderhilfe für Fische.

Da die Kraftwerke Reckingen, Albrück-Dogern, Laufenburg und Wyhlen je zwei FAH betreiben, umfasste die Untersuchung insgesamt **15 Anlagen** (Tab. 1).

Die linksseitige FAH beim Wehr des Kraftwerks Rheinfelden verlor im Verlauf der Bauarbeiten am Wehr ihre Funktion. Auf eine Zählung wurde deshalb verzichtet.

Tab. 1 > Hochrheinkraftwerke und Fischeaufstiegshilfen (FAH) im Jahr 2005/06

Kraftwerk	Inbetriebnahme Kraftwerk	Lage FAH	FAH-Typ	Länge FAH [m]	Anzahl Becken	mittleres Δ_H pro Becken	gesamtes Δ_H [m]		Untersuchungsperiode		Anzahl Kontrolltage
							Min.	Max.			
Schaffhausen	1966	rechts, MH	Aalleiter	Die Aalleiter ist nicht mehr in Betrieb							
		links, W	BP	72	52	15	3,7	9,3	1.4.05	31.3.06	365
Rheinau	1957	Das Kraftwerk Rheinau besitzt keine FAH									
Eglisau	1920	MP	BP	53	23	52	8,0	11,5	1.4.05	4.12.05	243
Rekingen	1941	rechts, MH	BP	109	56	17	7,0	9,9	1.4.05	31.3.06	365
		links, W	BP	144	62	17	7,0	9,9	1.4.05	30.11.05	226
Albrück-Dogern	1933	links, W	BP	59	53	20	4,0	7,4	1.4.05	31.3.06	352
		links, MH	BP	251	75	14	6,5	11,2	1.4.05	31.3.06	343
Laufenburg	1914	rechts, W	BP	130	50	20	8,4	10,1	1.4.05	31.3.06	343
		links, MH	BP	230	30	30	8,4	10,1	1.4.05	31.3.06	352
Säckingen	1966	rechts, MH	BP	130	54	16	2,3	8,4	1.4.05	31.3.06	365
Kyburg-Schwörstadt	1931	MP	BP	77	36	35	11,0	12,3	1.4.05	31.3.06	355
Rheinfelden	1898	rechts, W	RG	156	44 (3)**	15		6,7	9.7.05	8.7.06	332
		links, W	BP	In Studie nicht erfasst (zeitweise ausser Betrieb bedingt durch Bauarbeiten)							
Augst	1912	links, MH	VS	82	33	20	4,7	6,7	1.4.05*	31.3.06*	249
Wyhlen	1912	rechts, MH	BP	106	26	25	5,7	6,7	1.4.05*	31.3.06*	355
		rechts, W	FL	21			5,5	6,5	1.4.05*	31.3.06*	348
Birsfelden	1955	rechts, W	BP	144	53	17	4,0	9,0	1.4.05	31.3.06	258

Lage FAH: MH = Maschinenhaus, W = Stauwehr, MP = Mittelpfeiler. FAH-Typ: BP = Beckenpass, VS = Vertikalschlitzpass, RG = Raugerinne-Beckenpass, FL = Fischlift

* Für die meisten Auswertungen verwendete Zählperiode, die gesamte Zähldauer erstreckt sich über einen längeren Zeitraum:

- Augst (VS9): 20.9.2004 22.9.2006

- Wyhlen (BP+FL): 1.4.2005 30.6.2006

** Anzahl Ruhebecken

Die Zählungen dauerten vom 01. April 2005 bis am 31. März 2006. Einzige Ausnahme bildete die rechtsseitige FAH beim Wehr des Kraftwerks Rheinfelden. Sie war zur Zeit des Untersuchungsbeginns noch im Bau. Der Betrieb bzw. die Zählung konnten erst

am 09. Juli 2005 aufgenommen werden und dauerte wie in den anderen FAH ein ganzes Jahr.

Bei den meisten Anlagen wurden die Zählungen an allen Wochentagen (inkl. Wochenende und Feiertage) durchgeführt. Ausnahme bildeten die Kraftwerke Augst und Birsfelden, wo die Reuse jeweils über das **Wochenende und an Feiertagen** ausser Betrieb war. Fische konnten also an diesen Tagen aufsteigen, ohne erfasst zu werden.

Obwohl zahlreiche Kraftwerke gemäss Konzession ein **Winterschliessungsrecht** haben (d.h. die FAH in den Wintermonaten stilllegen dürfen), betrieben die meisten ihre Anlagen freiwillig auch im Winter und ermöglichten so die Zählung während eines ganzen Jahres. Lediglich zwei FAH waren während des Winters 2005/06 geschlossen: Eglisau und die wehrseitige Anlage des Kraftwerks Reckingen.

Beim Kraftwerk Augst überlappte die Zählung im Rahmen des vorliegenden Projekts mit einer 2 Jahre dauernden Wirksamkeitskontrolle des neu in Betrieb genommenen Vertikalschlitzpasses (Dauer: September 2004 bis September 2006). Das Kraftwerk Augst stellte der Projektleitung die Daten der gesamten Zählperiode zur Verfügung.

Bei beiden FAH des am gegenüberliegenden Ufer gelegenen Kraftwerk Wyhlen wurden die Zählungen nach Abschluss der koordinierten Fischaufstiegskontrollen noch bis in den Juni 2006 weitergeführt, sodass für alle drei Anlagen der Staustufe Augst-Wyhlen eine Periode von 15 Monaten abgedeckt werden konnte.

Die Zählungen wurden in folgenden vier FAH-Typen durchgeführt:

- > **konventioneller Beckenpass mit Schlupflöchern** (meiste FAH, Bsp. Wyhlen s. Abb. 2). Dabei werden nach Kappus & Sosat (2003) 2 Ausführungsvarianten unterschieden:
 - «**Orifice-Weir-Type**» mit Schlupflöchern und ganz überströmten Querwänden (Albruck-Dogern beide FAH, Laufenburg Wehr, Ryburg-Schwörstadt, Wyhlen Maschinenhaus).
 - «**Chute-and-Orifice-Weir-Type**» mit Schlupflöchern und Kroneneinschnitten (Schaffhausen, Eglisau, Reckingen beide FAH, Laufenburg Maschinenhaus, Säckingen, Birsfelden).
- > **Vertikalschlitzpass** (eine einzige Anlage, Kraftwerk Augst, s. Abb. 3)
- > **Fischlift**
(eine einzige Anlage, Kraftwerk Wyhlen, rechtsseitig beim Wehr, s. Abb. 4).
- > **Raugerinne-Beckenpass**
(eine einzige Anlage, Kraftwerk Rheinfelden, rechtsseitig beim Wehr, s. Abb. 5)

In allen Anlagen, auch im Fischlift, wurden die Zählungen mit Hilfe einer Kontrollreuse durchgeführt.

**Abb. 2 > Konventioneller Beckenpass
Kraftwerk Wyhlen**

Wehr mit Schlupflöchern und auf der ganzen Breite überströmten Querwänden



Fotos: J. Guthruf

**Abb. 3 > Vertikalschlitzpass
Kraftwerk Augst**

Links unten: Lockwasserleitung



Abb. 4 > Fischlift, Kraftwerk Wyhlen

*Wehr beim Leeren des Transportkorbs in die Oberwasserrinne
(links Mitte)*



Fotos: J. Guthruf

Abb. 5 > Raugerinne-Beckenpass beim Kraftwerk Rheinfelden



1.4

Technische Bewertung der FAH

Die Funktionsfähigkeit einer FAH ist gewährleistet, wenn der Einstieg für wandernde Fische ohne grossen Zeitverlust auffindbar ist, und die Anlage für Fische aller Arten, Längen- und Altersklassen passierbar ist. Auffindbarkeit und Durchgängigkeit der Anlage können mit Hilfe verschiedener technischer Parameter verifiziert werden.

Sehr entscheidend ist die Auffindbarkeit der FAH durch wandernde Fische. Die Ausprägung und Stärke der **Leitströmung** ist diesbezüglich eine wichtige Grösse. Diese kann durch einen Färbversuch visualisiert werden, was bei den meisten Anlagen bereits im Jahr 1985 gemacht wurde (Staub & Gerster 1992). An allen FAH, die seit 1985 neu gebaut oder modifiziert worden waren, wurden im Jahr 2005 Tracerversuche durchgeführt.

Bei der Auffindbarkeit spielt die Lage des Einstiegs sowie Richtung und Dimension der Leitströmung eine wesentliche Rolle. Für die meisten FAH wurden die genannten Kriterien bereits untersucht. Bei allen neu erstellten Anlagen (Raugerinne-Beckenpass Rheinfeldern, rechtsseitig beim Wehr; Fischlift Wyhlen rechtsseitig beim Wehr; Vertikalschlitzpass Augst, Maschinenhaus) sowie bei den Kraftwerken mit technischen Anpassungen (Beckenpass Schaffhausen, linksseitig beim Wehr, Beckenpass Wyhlen, Maschinenhaus) wurden folgende Parameter im Jahr 2005 gemessen oder aus den Unterlagen der Herstellerfirma übernommen:

- > Minimale, maximale und mittlere (räumliche) Fliessgeschwindigkeit im Schlupfloch;
- > Minimale, maximale und mittlere (räumliche) Fliessgeschwindigkeit im Kronenausschnitt;
- > Minimale, maximale und mittlere (räumliche) Fliessgeschwindigkeit im Kronenüberfall;
- > Minimale, maximale und mittlere (räumliche) Fliessgeschwindigkeit im Vertikalschlitz;
- > Gesamtdurchfluss in der FAH (inkl. Lockwassermenge);
- > Mass für den Turbulenzgrad in den Becken;
- > Zusätzlich wurde in allen neu erstellten oder veränderten Anlagen die Leitströmung mit Hilfe eines Färbversuches mit Uranin visualisiert.

1.5 Bewertung der FAH anhand des Fischaufstiegs

Das Funktionieren einer FAH kann auch auf Grund mehrerer biologischer Kriterien beurteilt werden.

So spielt der **Gesamtaufstieg** eine wichtige Rolle, d.h. wie viele Fische den Aufstieg in einer bestimmten Zeit schaffen.

Ferner ist die **Zahl der aufsteigenden Fischarten** ein wichtiger Parameter, vor allem wenn er mit der Zahl der im Unterwasser vorkommenden Arten verglichen werden kann. Hier ist vor allem von Interesse, ob **leistungsschwache Arten** und Kleinfischarten wie Schneider oder Strömer die Anlagen überwinden können.

In diesem Kontext ist es auch von Interesse, ob **Arten der Roten Liste**, die im Unterwasser leben, den Aufstieg schaffen.

Die Analyse der **Längenverteilung** gibt Aufschluss, ob bestimmte FAH längenselektiv sind, d. h. dass z. B. kleine oder grosse Fische fehlen oder untervertreten sind. Das Fehlen von grossen bzw. hochrückigen Fischen gibt Hinweise auf eine zu geringe Dimensionierung der Schlupflöcher. Das Fehlen von kleinen Fischen hingegen ist meist ein Hinweis auf zu hohe Fliessgeschwindigkeiten beim Einstieg oder innerhalb der FAH.

Eine **zeitliche Auflösung des Fischaufstiegs** gibt einerseits Hinweise auf die Aktivitätsmaxima der verschiedenen Fischarten. Andererseits sind daraus auch Phasen ersichtlich, in denen die Fischwanderung bei verschiedenen FAH eingeschränkt oder gar unmöglich ist. Solche Analysen geben Hinweise auf Phasen, in denen im Einstieg zu hohe Fliessgeschwindigkeiten herrschen oder in denen eine Leitströmung fehlt, da die FAH im Unterwasser eingestaut ist.

Eine **Gesamtbewertung** anhand des Fischaufstiegs wurde berechnet, indem die Einzelwertungen folgender Kriterien mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren (**in Klammern**) multipliziert wurden: Gesamtaufstieg (**1.0**), Artenzahl (Aufstieg/Unterwasser) (**1.0**), Zahl aufsteigender Schneider (**1.0**), Anteil Fische unter 15 cm (**0.5**), Zahl grosswüchsiger Fische (**0.5**), Aufstiegsdauer in Wochen (**1.0**). Die Rote-Liste-Arten wurden nicht bewertet, da in der Schweiz und in Deutschland andere Einteilungen existieren.

2 > Methodik

2.1 Verwendung der Abflussdaten des BAFU

Den einzelnen Kraftwerken wurden folgende Abfluss- und Temperaturmessungen zugeordnet (Tab. 2), wobei jeweils Tagesmittelwerte verwendet wurden. Die durch das Personal der Kraftwerksanlagen durchgeführten Messungen (Punktmessungen während der Reusenleerung) wurden für die Auswertungen nicht berücksichtigt.

Tab. 2 > Zuordnung der Temperatur- und Abflussdaten des BAFU zu den einzelnen Kraftwerken

Kraftwerke	Temperatur	Abfluss
Schaffhausen	Rekingen	Neuhausen
Eglisau	Rekingen	Rekingen
Reckingen	Rekingen	Rekingen
Albruck-Dogern	Rheinfelden	Rheinfelden
Laufenburg	Rheinfelden	Rheinfelden
Säckingen	Rheinfelden	Rheinfelden
Ryburg-Schwörstadt	Rheinfelden	Rheinfelden
Rheinfelden	Rheinfelden	Rheinfelden
Augst-Wyhlen	Rheinfelden	Rheinfelden
Birsfelden	Rheinfelden	Rheinfelden

2.2 Messung physikalischer Parameter an den FAH

An allen FAH wurden bei der Querwand mit der grössten Wasserspiegel-Differenz die in Tab. 3 aufgeführten Parameter gemessen. Daraus wurden Abfluss und Leistungsdichte der FAH berechnet.

Die gemessenen und berechneten Grössen wurden gemäss Schwevers & Adam (2006) bewertet.

Abfluss und Leistungsdichte in den FAH wurden nach folgenden Formeln berechnet:

Abfluss Beckenpass mit Kronenausschnitten und Schlupflöchern

$$Q = A_{SL} \cdot \bar{V}_{SL} + A_{KA} \cdot \bar{V}_{KA} \quad (1)$$

Q = Abfluss [m³/s]

A_{SL} = Querschnittsfläche Schlupfloch (Breite * Höhe)

\bar{V}_{SL} = Mittlere Fließgeschwindigkeit im Schlupfloch

A_{KA} = Benetzte Querschnittsfläche Kronenausschnitt
(Breite * Wasserhöhe Kronenausschnitt)

\bar{V}_{KA} = Mittlere Fließgeschwindigkeit im Kronenausschnitt

Abfluss Beckenpass mit überströmten Querwänden und Schlupflöchern

$$Q = A_{SL} \cdot \bar{V}_{SL} + B_{QW} \cdot \bar{T}_{QW} \cdot \bar{V}_{QW} \quad (2)$$

B_{QW} = Überströmte Breite Querwand

\bar{T}_{QW} = Mittlere Wasserhöhe über der Querwand

\bar{V}_{QW} = Mittlere Fließgeschwindigkeit über der Querwand

Abfluss Vertikalschlitzpass

$$Q = T_{VS} \cdot B_{VS} \cdot \bar{V}_{VS} \quad (3)$$

B_{VS} = Breite Vertikalschlitz

T_{VS} = Wassertiefe im Vertikalschlitz

\bar{V}_{VS} = Mittlere Fließgeschwindigkeit im Vertikalschlitz

Leistungsdichte

$$LD = \frac{d \cdot g \cdot Q \cdot \Delta_H}{L_B \cdot B_B \cdot T_B} \quad (4)$$

LD = Leistungsdichte in den Becken [W/m³]

d = Dichte des Wassers [kg/m³],

g = Erdgravitation [m/s²],

Δ_H = Wasserspiegeldifferenz zweier aufeinander folgender Becken [m],

L_B = Länge des kleinsten Beckens [m]

B_B = Breite des kleinsten Beckens [m]

T_B = Wassertiefe im kleinsten Becken [m]

Tab. 3 > Messung und Erhebung physikalischer Parameter in den FAH der Hochrheinkraftwerke

FAH-Typ	Passagemöglichkeit	Breite	Höhe	Fließgeschwindigkeit	Wassertiefe	Länge kleinstes Becken	Breite kleinstes Becken	Tiefe kleinstes Becken	max. Fließgeschwindigkeit	min. Fließgeschwindigkeit	Abfluss	Leistungsdichte
		Beckenpass	Schlupfloch	1	1	8-10		1	1	1	1	1
	überströmte Querwand □	1		9-13	9-13	1	1	1	1	1	1	
	Kronenausschnitt □	1		8-10	1	1	1	1	1	1	1	
	Ganze FAH										1	1
Vertikalschlitz-Beckenpass	Vertikalschlitz	8		8	1	1	1	1	1	1	1	
	Ganze FAH										1	1
Raugerinne-Beckenpass	linke Passage	8		8	1	1	1	1	1	1	1	
	rechte Passage	8		8	1	1	1	1	1	1	1	
	Ganze FAH										1	1

- Daten aus Staub & Gerster (1998)
 - Messungen im Jahr 2006
 - Pläne
 - Berechnungen
- Albruck-Dogern (beide), Laufenburg (W), Ryburg-Schwörstadt, Wyhlen (MH)
 alle übrigen konventionellen Beckenpässe
 Wassertiefe in Vertikalschlitz, Passage, Kronenausschnitt oder auf der überströmten Querwand

Zahlen in der Tabelle: Anzahl Einzelmessungen

2.3 Koordination der Zählungen, Qualitätssicherung

2.3.1 Funktionskontrolle, Erfassung aller Modifikationen seit 1990

Im Vorfeld der Untersuchungen wurde die Funktionsfähigkeit der FAH und der Kontrolleinrichtungen kontrolliert. Wenn nötig wurden Verbesserungsvorschläge gemacht und deren Umsetzung kontrolliert. So musste die Maschenweite der Reuse beim Kraftwerk Eglisau einheitlich auf 1.5 cm verringert werden. Zudem wurden alle Modifikationen an den FAH und an den Kontrolleinrichtungen, die seit der letzten systematischen Zählung (1995) erfolgt sind, systematisch aufgenommen (Tab. 4).

Tab. 4 > Veränderungen an den FAH und Kontrolleinrichtungen seit der Zählung im Jahr 1995

FAH	Anpassungen an FAH	Reuse
Schaffhausen W	Diverse Einbauten in einzelnen Kammern Einbau einer Lockwasserleitung	keine Änderung
Eglisau Mittelpfeiler	keine Änderung	keine Änderung
Reckingen W	keine Änderung	keine Änderung
Reckingen MH	keine Änderung	keine Änderung
Albruck-Dogern W	keine Änderung	keine Änderung
Albruck-Dogern MH	keine Änderung	keine Änderung
Laufenburg W	Kronen der Trennwände ausgebessert	keine Änderung
Laufenburg MH	keine Änderung	keine Änderung
Säckingen MH	keine Änderung	keine Änderung
Ryburg-Schwörstadt MP	keine Änderung	neue Kontrollreuse
Rheinfelden W	Neubau Raugerinne-Beckenpass	neue Kontrollreuse
Augst MH	Neubau Vertikalschlitzpass	neue Kontrollreuse
Wyhlen Beckenpass MH	Verlegung Einstieg 10 m flussabwärts in den Bereich der Hauptströmung von Maschine 1.	keine Änderung
Wyhlen Fischlift W	Neubau Fischlift	neue Kontrollreuse
Birsfelden W	keine Änderung	keine Änderung

Für den Fischaufstieg relevante Anpassungen sind blau hinterlegt

2.3.2 Instruktion des Zählpersonals, Unterlagen

Das Kontrollpersonal aller FAH wurde über den Ablauf der Zählungen instruiert, insbesondere über die Artbestimmung, Protokollübergabe, Sicherung der Daten, den idealen Zeitpunkt der Reusenleerung, Beleg von seltenen Arten, Vorgehen bei Problemen (Verletzungen, Mortalität) sowie über die korrekte Protokollführung. Jede Kontrollperson erhielt ein Blatt mit folgenden Angaben:

- > Zähl-Methodik und korrekte Protokollführung (gemäss Instruktion),
- > Adresse Kontaktpersonen Projektkoordination und Verwaltung (inkl. Ferienablösung),
- > Nummerierung der Wehrklappen und Turbinen (individuell nach Kraftwerk, s. Tab. 5–Tab. 6).

Pro FAH wurde ein Ordner mit folgenden Unterlagen abgegeben:

- > datierte Protokollblätter für die Zeit vom 1.4.2006 bis am 31.10.2006 (s. Anhang A3-2),
- > undatierte Protokollblätter für zusätzliche Zählungen, z. B. bei Massenaufstieg,
- > Bestimmungsschlüssel der Fischarten (siehe A3-3),
- > laminierte Blätter mit Farbbildern aller im Hochrhein vorkommenden Fischarten (s. Anhang A3-4),

2.3.3 Artbestimmung

Alle für die Zählungen verantwortlichen Personen wurden persönlich instruiert über die Artbestimmung und den richtigen Gebrauch der Unterlagen, wobei den Arten, die leicht verwechselt werden, besondere Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Diagnostische (arttypische) Merkmale wurden im Einzelnen besprochen. Damit aufsteigende Rapfen richtig bestimmt werden, wurde dieser Art besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Das Zählpersonal wurde aufgefordert, Digitalfotos von Fischen bedrohter Arten (Strömer, Nase, Bachneunauge, Bitterling, Dorngrundel, Schneider, Moderlieschen, Äsche) sowie vom Rapfen zu machen, wenn diese zum ersten Mal in der Kontrolleinrichtung auftauchten. Dasselbe Vorgehen wurde vorgeschlagen, wenn es Unsicherheiten bei der Bestimmung gab. Fotografierte Fische wurden so lange gehältert, bis vom Projektbearbeiter die Bestätigung kam, dass die Art auf Grund des Fotos eindeutig bestimmt werden konnte. Während die Nase am Ende der Zählperiode bei 7 von 10 FAH fotografisch dokumentiert wurde, liegen vom Schneider nur bei 4 von 10 Anlagen und beim Rapfen nur bei 3 von 6 FAH Bilddokumente vor. Strömer wurden bei 1 Anlage gezählt, aber nicht fotografiert.

2.3.4 Datensicherheit, Datenqualität, Plausibilisierung

Bei den Kraftwerken Eglisau und Reckingen wurden die Datenblätter per Post an den Projektbearbeiter geschickt. Um Datenverlusten vorzubeugen, wurde vorher immer eine Sicherheitskopie angefertigt. Während der Digitalisierung wurden die Daten plausibilisiert.

Bei allen übrigen Kraftwerken wurden die Daten digitalisiert und per E-Mail dem Projektbearbeiter geschickt. Im elektronischen Dateneingabeprotokoll wurde der aktuelle Stand automatisch als Grafik und als Tabellen-Zusammenzug dargestellt, so dass das Eingabepersonal immer über den neusten Stand der Erhebungen im Bilde war. Grobe Eingabefehler konnten so frühzeitig erkannt werden.

Die Daten wurden nach Erhalt durch den Projektbearbeiter plausibilisiert: Fehlende oder fehlerhafte Eintragungen (Längenangaben ausserhalb der Variationsbreite der entsprechenden Fischart, Minimallänge grösser als Maximallänge) wurden sofort mit dem Zählpersonal diskutiert und bereinigt. Fehlte der Fotobeleg für den Aufstieg seltener Arten, wurde das Zählpersonal angehalten dies beim nächsten Aufstieg der entsprechenden Art nachzuholen.

2.3.5 Gemeinsame Aufstiegskontrolle

Bei jeder FAH wurde in der Zeit mit den höchsten Aufstiegszahlen mindestens eine Kontrolle zusammen mit dem Zählpersonal durchgeführt, wobei auf die tiergerechte Behandlung der Fische, korrekte Artbestimmung und Verwendung der Unterlagen geachtet wurde. Zudem wurde die Funktion der FAH und der Kontrolleinrichtungen überprüft (überströmte Querwände, Höhendifferenzen, Spiel zwischen Reuse und FAH-Wänden). Um auch die Artbestimmung an Fischarten zu überprüfen, die am Tag

der gemeinsamen Kontrolle nicht aufstiegen, wurden den Kontrollpersonen Fotos von verschiedenen Fischarten vorgelegt.

Das Handling war an allen Anlagen tiergerecht und es gab nichts zu beanstanden. Auch die FAH und Kontrolleinrichtungen funktionierten einwandfrei.

Die Artbestimmung erfolgte bei 12 der 15 kontrollierten FAH fehlerfrei, sowohl bei den an diesem Tag kontrollierten Fischen als auch bei der Bestimmung der Tiere auf den Fotos. Auch die Unterlagen wurden richtig angewendet. Bei einer FAH wurden 7 von 13 Arten falsch bestimmt und bei zwei weiteren FAH gab es drei Fehlbestimmungen auf 13 Arten, wobei Hasel, Schneider, Strömer und Blicke falsch bestimmt wurden. Nach einem Training an lebenden Fischen und an Fotos konnten die betreffenden Personen mit Hilfe der abgegebenen Unterlagen alle Fischarten bestimmen.

Alle Fehler passierten, wenn die Fähigkeiten in Artbestimmung überschätzt wurden und die bereitgestellten Unterlagen (Bestimmungsschlüssel schwarz-weiss, Farbtafeln) nicht benützt worden waren. Bei Benützung der Unterlagen kam es zu keinen Fehlbestimmungen.

2.3.6 Wehrüberfall

Bei allen wehrseitigen FAH wurde systematisch protokolliert, welche der Wehrfelder offen und welche geschlossen waren. Beim Kraftwerk Schaffhausen wurde zusätzlich der Abfluss in den verschiedenen Wehrfeldern (Überfall) und Wehrsegmenten (Grundablass) registriert. Bei den Kraftwerken Laufenburg und Wyhlen wurde die Abflussmenge der verschiedenen Wehrfelder protokolliert. Anzahl und Lage der Wehrklappen: siehe Tab. 5.

Tab. 5 > Anzahl und Lage der Wehrklappen bei den wehrseitigen FAH

Die Nummerierung der Wehrklappen wurde von den Kraftwerken übernommen.

	links						rechts
Birsfelden Wehr		1	2	3	4	5	BP
Wyhlen Wehr		7	8	9	10	FL	
Rheinfelden Wehr		5	6	7	RG		
Ryburg-Schwörstadt Mittelpfeiler Wehrseite		1	2	3	4	BP	
Laufenburg Wehr		1	2	3	4	BP	
Albbruck-Dogern Wehr	BP	5	4	3	2	1	
Reckingen Wehr	BP	1	2	3			
Eglisau Mittelpfeiler Wehrseite	BP	1	2	3	4	5	6
Schaffhausen Wehrüberfall	BP	1	2	3			
Schaffhausen Wehrsegmente	BP	1	2	3			

RG = Raugerinne-Beckenpass; FL = Fischlift; BP = herkömmlicher Beckenpass

2.3.7 **Betrieb der Turbinen**

Bei allen FAH auf der Seite des Maschinenhauses zeichnen die Kraftwerksgesellschaften systematisch auf, welche Turbinen an welchen Tagen in Betrieb waren. Diese Daten wurden der Projektleitung zur Verfügung gestellt. Anzahl und Lage der Turbinen: siehe Tab. 6.

Tab. 6 > Anzahl und Lage der Turbinen bei den maschinenhausseitigen FAH

Die Nummerierung bzw. Benennung der Turbinen wurde von den Kraftwerken übernommen.

	links										rechts	
	F10	F09	F08	F07	F06	St6	St5	St4	St3	St2	St1	BP
Wyhlen Maschinenhaus												BP
Augst Maschinenhaus	VS	1	2	3	4	5	6	7				
Ryburg-Schwörstadt Mittelpfeiler Turbinenseite	BP	1	2	3	4							
Säckingen Maschinenhaus		1	2	3	4	BP						
Laufenburg Maschinenhaus	BP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Albruck-Dogern Maschinenhaus	BP		3	2	1							
Reckingen Maschinenhaus		1	2	BP								

BP = herkömmlicher Beckenpass; VS = Vertikalschlitzpass. F = Francis-Turbinen, St = Straflo-Turbinen

2.3.8 **Messung der Länge der Fische**

In FAH mit zu kleinen Schlupflöchern oder Kronenausschnitten ist für grosse Fische der Aufstieg erschwert oder ganz unmöglich. Kleine Fische dagegen werden durch zu grosse Absturzhöhen oder zu hohe Fliessgeschwindigkeiten oder Turbulenzen am Aufstieg gehindert. Durch Längenmessungen an den aufsteigenden Fischen kann eine solche Längenselektivität nachgewiesen werden. Die Messung jedes einzelnen Fisches hätte bei einem Gesamttotal von annähernd 55'000 Fischen die zeitlichen Ressourcen des Zählpersonals bei weitem überschritten. Aus diesem Grund musste die Methodik an die personellen Möglichkeiten angepasst werden: An jedem Kontrolltag wurde an jeder FAH der längste und der kürzeste Fisch jeder aufsteigenden Art gemessen. Die Ergebnisse wurden pro Art und FAH als Längenhistogramm dargestellt, wobei die längsten und die kürzesten Fische getrennt klassiert wurden. Die Darstellung erfolgte für alle Fische gepoolt und separat für drei häufig aufsteigende Arten mit grosser Variationsbreite bezüglich ihrer Totallänge: Barbe, Alet und Brachsen.

2.4 Anzahl aufsteigende Fischarten

Eine wichtige Grösse für die Charakterisierung der Funktionsfähigkeit einer FAH ist die Zahl der Fischarten, die die Anlage überwinden können. Da nicht in jedem Gewässerabschnitt gleich viele Fischarten vorkommen, muss die Zahl der Arten, die in den Kontrolleinrichtungen der FAH angetroffen werden, mit dem Fischvorkommen im Unterwasser verglichen werden. Dieses wurde für jede Staustufe getrennt wie folgt ermittelt: Für jede im Rhein natürlicherweise vorkommende Art (Neozoen wurden nicht berücksichtigt) wurde analysiert (GIS), ob sie in folgenden Datensammlungen vorkommt:

- > Datenbank des «Centre Suisse de la Cartographie de la Faune» kurz CSCF,
- > Daten des Fischeaufstiegs 2005/06.
- > Fangstatistik Hochrhein aus dem Jahr 2005,

Wurde eine Art in einer der oben aufgeführten drei Datenquellen nachgewiesen, galt sie als vorkommend. Ausschliesslich in der Fangstatistik ausgewiesene, für den Hochrhein untypische Arten, wurden gestrichen.

2.4.1 Färbversuch mit Uranin

Bei allen seit 1995 neu gebauten bzw. optimierten Anlagen wurde die Leitströmung mit Hilfe von Uranin, welches ins unterste Becken eingebracht wurde, visualisiert. Die Ausbreitung des Farbstoffs wurde aus verschiedenen Positionen fotografiert.

3 > Resultate

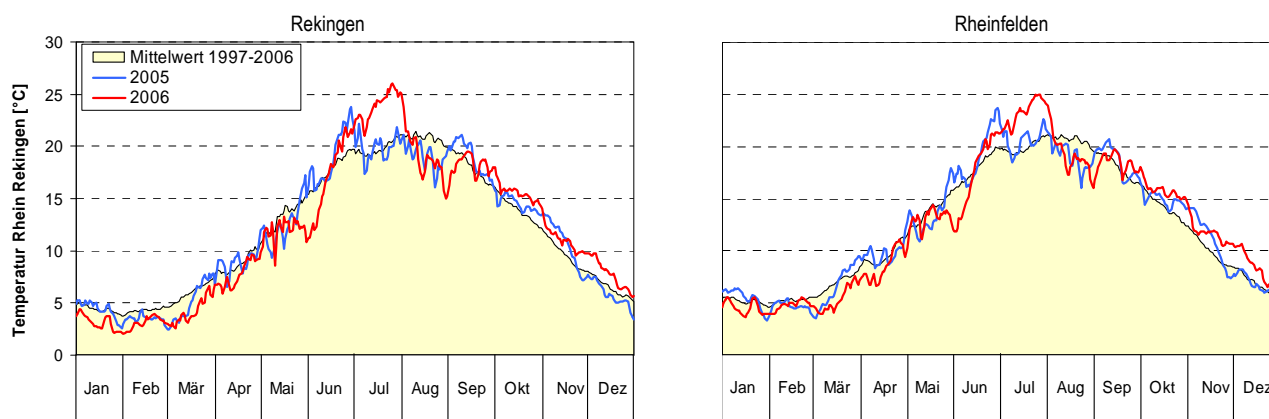
3.1 Wassertemperatur und Abfluss während der Zählungen

3.1.1 Wassertemperatur

Die Temperaturen im April 2005 entsprachen an beiden Messstellen im Grossen und Ganzen dem langjährigen Mittel. Nach einer kurzen Abkühlung im Mai folgte im Juni eine Hitzeperiode, bei der sich das Wasser 2–5 °C stärker erwärmte als im langjährigen Durchschnitt. Der August dagegen war von einer deutlichen Abkühlung geprägt. Während Oktober und November relativ warme Temperaturen aufwiesen, folgten zwischen Dezember 2005 und März 2006 tiefere Temperaturen als im langjährigen Mittel, vor allem in der Strecke oberhalb der Aaremündung (Abb. 6).

Abb. 6 > Temperaturverlauf im Rhein an den Messstellen Rekingen und Rheinfelden

Tagesmittel während den Fischaufstiegskontrollen 2005, 2006 und Mittelwert 1997–2006

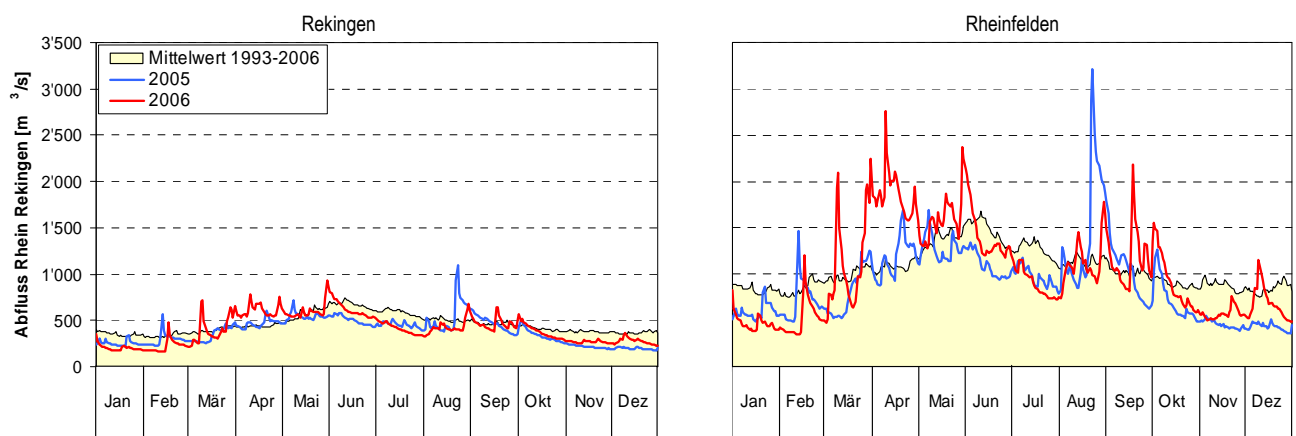


3.1.2 Abfluss

Der mittlere Abfluss des Rheins unterhalb der Aaremündung war 2,3–2,5 mal höher als oberhalb, was bedeutet, dass die Aare stärker zum Gesamtabfluss beiträgt als der Rhein oberhalb Koblenz.

Abb. 7 > Abfluss im Rhein an den Messstellen Rekingen und Rheinfelden

Tagesmittel während den Fischaufstiegskontrollen 2005, 2006 und Mittelwert 1997–2006



Daten BAFU

In der zweiten Augushälfte, führte der Rhein bei Rheinfelden 3464 m³/s. Ein grosser Teil der Wassermenge stammte aus der Aare (Abb. 7). Die höchste Abflussspitze seit Messbeginn im Jahr 1935 datierte im August 1978, als der Rhein bei Rheinfelden 3850 m³/s führte, also deutlich mehr als im August 2005. Während der Abfluss im Hochwassermonat August 2005 und im darauf folgenden September weit über dem langjährigen Mittel lag, führte der Rhein in weiten Teilen der Zählperiode weniger Wasser als im Durchschnitt, so von Mai bis Juli 2005 und noch stärker von Oktober 2005 bis Februar 2006.

3.2 Technische Überprüfung der Anlagen

3.2.1 Färbversuch mit Uranin

Bei der FAH des Kraftwerks Schaffhausen wurde vor der koordinierten Zählung eine Lockwasserleitung eingerichtet und verschiedene Anpassungen in den Becken und Schlupflöchern vorgenommen. Aus diesem Grund wurden die Versuche mit Uranin, welche bereits 1985 durchgeführt worden waren, im Jahr 2005 wiederholt.

Schaffhausen Wehr
bei geöffneter Wehrklappe

Die Anlage befindet sich am linken, uferseitigen Rand der Wehrströmung, und das Wasser der FAH mündet in eine kleine Stillwasserzone unterhalb eines Mauervorsprungs. Es ist davon auszugehen, dass vor allem bei starkem Wehrüberfall am linken Ufer aufsteigende Fische wegen der starken Strömung nicht weiter als bis zum Einstieg der FAH gelangen können. Aus diesem Grund ist der Einstieg sehr gut gelegen.

Eine ausgeprägte Leitströmung konnte sich hingegen nicht ausbilden, da das Wasser aus der FAH von der Rückströmung sofort quer zur Fließrichtung des Rheins abgelenkt wurde und in der vom Wehr herkommenden Strömung unterging. Ein kleiner Teil des Tracers floss dicht an der Mauer 2–3 m flussaufwärts, bevor es von der Strömung erfasst wurde. Der grösste Teil des Wassers aus der FAH stiess in einem Winkel von rund 90° auf das Wasser vom Wehr und vermischte sich sehr rasch mit diesem – Die Fahne war nur während sehr kurzer Zeit sichtbar (Abb. 8).

Abb. 8 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Schaffhausen
ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken

Die nächstliegende Wehrklappe war geöffnet.



Foto: K. Wächter

Der Einstieg lag weit abseits der Hauptströmung. Sowohl unterhalb der Wehrklappe als auch unterhalb des Mauervorsprungs war das Wasser sehr still. Die Nähe zum Ufer war auch bei diesen hydraulischen Bedingungen vorhanden.

Schaffhausen Wehr bei geschlossener Wehrklappe

Das Wasser aus der FAH war als deutliche Strömung feststellbar (Abb. 9), welche durch die starken Wellen einen «pulsierenden Charakter» erhielt. Auch weit unterhalb der Einstiegsöffnung war sie noch als deutliche Fahne erkennbar (Abb. 10). Der Winkel zur Fliessrichtung war sehr gering, was an sich positiv zu werten ist (Staub & Gerster 1992).

Abb. 9 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Schaffhausen ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken

Die nächstliegende Wehrklappe war geschlossen.



Abb. 10 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Schaffhausen ca. 15 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken

Die nächstliegende Wehrklappe war geschlossen.



Fotos P. Hunziker, Kraftwerk Schaffhausen

Der Einstieg zur FAH lag am linken Rand der «Insel» zwischen Werkkanal und Restwasserstrecke. Am rechten Ufer entlang aufsteigende Fische müssen den Turbinenauslauf queren, um zum Einstieg zu gelangen. Sind sie einmal bis dort vorgedrungen, befindet sich der Einstieg immer im Bereich der Hauptströmung. Direkt oberhalb des Einstiegs befindet sich eine hydraulische Barriere, das heisst eine Stelle mit hohen Fliessgeschwindigkeiten, wodurch die Auffindbarkeit für Fische, welche es an der Turbinenströmungen vorbeigeschafft haben, als sehr gut zu beurteilen ist.

Rheinfelden Wehr

Das Wasser aus der FAH ist als Strömung feststellbar (Abb. 11). Während ein Teil des Wassers – unterstützt durch die Lockwasserzugabe – bereits weit nach unten gelangt ist, bleiben aber Teile des Tracers während längerer Zeit im obersten Becken (Abb. 12) und gelangen nach und nach flussabwärts. Dieser Sachverhalt weist auch auf die Strömungsvielfalt in den einzelnen Becken hin. In den strömungsarmen sohlennahen Zonen der Becken bleibt das Wasser länger als in den oberflächennahen Wasserschichten. Der Winkel zur Fliessrichtung ist sehr gering, was positiv zu werten ist.

Abb. 11 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Rheinfelden ca. 2 s nach Einbringen der Substanz im mit weissem Punkt markierten Becken

Alle drei Wehrklappen waren geöffnet (Zustand während der gesamten Zählung)



Abb. 12 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Rheinfelden ca. 15 s nach Einbringen der Substanz im mit weissem Punkt gekennzeichneten Becken

Alle drei Wehrklappen waren geöffnet (Zustand während der gesamten Zählung)



Die Anlage befindet sich am uferseitigen Rand der Turbinenströmung und mündet in eine dort liegende kleine Stillwasserzone (Abb. 13). Fische, welche sich dort ausruhen, dürften sehr rasch den Einstieg finden, da das Wasser aus der FAH in einer klar sichtbaren, leicht in Fließrichtung abgelenkten Fahne in diese Stillwasserzone fließt. Eine Leitströmung ist klar erkennbar. Wenn die am nächsten bei der FAH gelegene Maschine in Betrieb ist, stösst das Wasser aus der FAH nach ca. 6 m in einem Winkel von rund 80° bis 90° auf das Wasser der Turbinen und vermischt sich mit diesem. Ideal wäre ein möglichst geringer Winkel zwischen der Leitströmung und dem Wasser des Turbinenauslaufs (Abb. 14).

Augst Maschinenhaus

Abb. 13 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Augst
ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken



Abb. 14 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Augst
ca. 12 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken



Foto: J. Guthruf

Im Vergleich mit anderen FAH ist die Einstiegssituation als gut zu bezeichnen: Der Einstieg liegt im Bereich der Hauptströmung der Turbinen und die Distanz zum Turbinenauslauf ist relativ gering. Vor dem Höherstau durch das unterhalb liegende Kraftwerk Birsfelden im Jahr 1954 lag der Einstieg der FAH noch günstiger direkt beim Turbinenauslauf, musste aber Infolge Einstaus an die heutige Position verlegt werden, wodurch sich die Auffindbarkeit verschlechterte. Gegenwärtig wird der Einstieg wieder zum Turbinenauslauf verlegt, wodurch zusätzlich das Gefälle der FAH verringert werden kann. Damit reduziert sich die Absturzhöhe zwischen den Becken von heute 25 auf 17 cm. Zudem ist eine naturnahere Gestaltung als Raugerinne-Beckenpass geplant (pers. Mitt. R.-J. Gebler, P. Lehmann, Ingenieurbüro Dr.-Ing. Rolf-Jürgen Gebler und J. Ulrich, Energiedienst AG).

Wyhlen Beckenpass

Abb. 15 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Beckenpasses beim Kraftwerk Wyhlen
ca. 2 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken



Abb. 16 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Beckenpasses beim Kraftwerk Wyhlen
ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken



Abb. 17 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Beckenpasses beim Kraftwerk Wyhlen
ca. 12 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken



Fotos: J. Guthruf

Die deutlich erkennbare Fahne visualisiert die Leitströmung (Abb. 15). Auch weiter flussabwärts ist die Fahne noch erkennbar (Abb. 16). Zuerst steht die Leitströmung in einem Winkel von ca. 50° zur Hauptströmung, wird dann aber rasch in Fliessrichtung abgelenkt. Die Breite der Fahne beträgt anfänglich 1.5 m, nimmt später auf etwa 2 m zu (Abb. 17). Um die Leitströmung zu verbessern, wird eine Leitstromleitung verlegt (Pers. Mitt. R.-J. Gebler).

Der Einstieg zum Fischlift ist nur für Fische erreichbar, welche sich nicht an der Strömung des Turbinenauslaufs der Kraftwerke Augst oder Wyhlen orientieren, sondern in Flussmitte aufsteigen. Bei geschlossenen Wehrklappen ist das Wasser beim Einstieg absolut still, abgesehen von der Leitströmung des Fischlifts ist keine Strömung wahrnehmbar.

Wyhlen Fischlift

Berücksichtigt man, dass sich bei beiden Turbinenausläufen (Augst und Wyhlen) FAH befinden, so ist die Anlage in Flussmitte als sinnvoll zu betrachten, da sie die einzige Aufstiegsmöglichkeit für Fische darstellt, die den Weg über das Wehr gewählt haben. Bei geschlossener Wehrklappe ist eine ausgeprägte Leitströmung feststellbar (Abb. 18). Die Fahne reichte deutlich sichtbar bis zum zweiten Pfeiler. Der Winkel zwischen der Strömung des Rheins war nicht bestimmbar (stehendes Wasser). Der Winkel zwischen Rheinufer und Leitströmung betrug rund 80° (Abb. 19).

Abb. 18 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Fischlifts beim Kraftwerk Wyhlen ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im Becken oberhalb der Einstiegöffnung



Abb. 19 > Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Fischlifts beim Kraftwerk Wyhlen ca. 12 s nach Einbringen der Substanz im Becken oberhalb der Einstiegöffnung



Fotos: J. Guthruf

3.2.2 Einfluss von Abfluss und Temperatur auf den Fischaufstieg

Bei allen Kraftwerken und mit Ausnahme des Hasels bei allen untersuchten Arten existiert eine sehr hohe positive Korrelation zwischen der Temperatur und dem Fischaufstieg (Tab. 7). Das bedeutet, dass bei warmem Wasser bedeutend mehr Fische aufsteigen als bei kaltem. Dies ist unter anderem sehr schön in der jahreszeitlichen

Verteilung des Fischaufstiegs erkennbar – der wesentliche Teil der Fische benützt die FAH im Sommerhalbjahr.

Auch zwischen dem Fischaufstieg und dem Abfluss des Rheins existiert in den meisten Fällen eine hoch signifikante Korrelation, was zu erwarten ist, indem die Temperatur und der Abfluss des Rheins untereinander gut positiv korrelieren ($p < 0.001$). Im Unterschied zur Temperatur war aber bei mehreren Arten keine positive Korrelation zum Abfluss feststellbar.

Tab. 7 > Korrelation (Rangkorrelation nach Spearman) zwischen Abfluss (Q) bzw. Temperatur (T) und den täglichen Aufstiegszahlen verschiedener Fischarten

Periode: April 2005 bis März 2006, es wurden nur Arten berücksichtigt, von denen insgesamt mehr als 200 Stück aufstiegen.

	Alle Arten		Barbe		Rotauge		Blicke		Brachsen		Hasel		Alet		Laube	
	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T
Schaffhausen W	■	■	■	■												
Eglisau MP	■	■	■	■												
Reckingen W	■	■			■	■					■	■				
Reckingen MH	■	■	■	■												
Albbruck-Dogern W	■	■	■	■												
Albbruck-Dogern MH	■	■														
Laufenburg W	■	■	■	■												
Laufenburg MH	■	■	■	■												
Säckingen MH	■	■	■	■					■	■			■	■		
Ryburg-Schwörstadt MP	■	■	■	■			■	■								
Rheinfelden W	■	■	■	■											■	■
Augst MH	■	■	■	■	■	■										
Wyhlen Beckenpass MH	■	■			■	■	■	■	■	■					■	■
Wyhlen Fischlift W	■	■	■	■												
Birsfelden W	■	■	■	■	■	■										

■ positive Korrelation $p < 0.01$	■ keine signifikante Korrelation
■ positive Korrelation $p < 0.05$	□ nicht beurteilt

Um den sehr grossen jahreszeitlichen Einfluss zu reduzieren, wurde dieselbe Berechnung für die Periode zwischen April und September vorgenommen. Zwischen dem Aufstieg aller Fischarten und der Temperatur ist nach wie vor eine positive Korrelation nachweisbar. Einzige Ausnahme bildet die FAH beim Maschinenhaus Reckingen (keine Korrelation). Beim Abfluss dagegen war lediglich bei vier von 14 Anlagen eine positive Korrelation nachweisbar, wodurch gezeigt werden kann, dass die Temperatur der wesentliche Faktor ist. Dies ist dadurch erklärbar, dass die Aktivität der wechselwarmen Fische mit steigender Wassertemperatur zunimmt, solange das Temperaturoptimum der Fische nicht überschritten wird. Besonders in den Schlupflöchern, wo zum Teil sehr hohe Fliessgeschwindigkeiten überwunden werden müssen, ist eine hohe Leistungsfähigkeit gefordert. Zudem zeigen die meisten im Hochrhein lebenden Fischarten die höchste Aktivität im Sommerhalbjahr (Laichzeit, Ernährung etc.). Arten mit

einem Aktivitätsmaximum bei niederen Temperaturen (Bachforelle, Äsche) sind im Hochrhein selten.

Viele Arten stiegen bei hohem Abfluss zahlreicher auf als bei niedrigem, darunter fallen Barbe (5 von 11 FAH), Rotauge (1 von 4 FAH) und Alet (1 von 1 FAH).

Interessant ist die Feststellung, dass beim Kraftwerk Rheinfelden im Gegensatz zu den meisten übrigen Anlagen bei geringem Abfluss deutlich mehr Fische den Aufstieg schafften als bei hohem. Da sowohl bei hohem als auch geringen Abfluss im Einstiegsbereich der FAH keine hydraulischen Barrieren existieren, welche die Auffindbarkeit oder Durchwanderbarkeit beeinträchtigen, ist die Ursache eher im Unterwasser zu suchen: Möglicherweise können die Fische die Insel zwischen Werkkanal und Rhein nicht mehr erreichen, wenn der Abfluss ein gewisses Mass überschreitet. Zudem könnte es eine gewisse Rolle spielen, dass die Reuse bei hohem Abfluss und entsprechend erhöhter Geschwemmselfracht eher verstopft, wodurch der Abfluss in der FAH und damit die Leitströmung reduziert werden kann. Eine negative Korrelation konnte bei einzelnen Fischarten nachgewiesen werden (Tab. 8), so beim Rotauge (Augst), beim Brachsen (Säckingen) und bei der Laube (Rheinfelden).

Tab. 8 > Korrelation (Rangkorrelation nach Spearman) zwischen Abfluss (Q) bzw. Temperatur (T) und den täglichen Aufstiegszahlen verschiedener Fischarten von April – Oktober 2005

Es wurden nur Arten berücksichtigt, von denen insgesamt mehr als 200 Stück aufstiegen

	Alle		Barbe		Rotauge		Blicke		Brachsen		Hasel		Alet		Laube	
	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T
Schaffhausen W	■	■	■	■												
Eglisau MP	■	■	■	■												
Reckingen W	■	■			■	■					■	■				
Reckingen MH	■	■														
Albbruck-Dogern W	■	■	■	■												
Albbruck-Dogern MH	■	■														
Laufenburg W	■	■	■	■												
Laufenburg MH	■	■	■	■												
Säckingen MH	■	■	■	■						■	■		■	■		
Ryburg-Schwörstadt MP	■	■	■	■			■	■								
Rheinfelden W	■	■	■	■											■	■
Augst MH	■	■	■	■	■	■										
Wyhlen Beckenpass MH	■	■			■	■	■	■	■	■	■				■	■
Wyhlen Fischlift W	■	■														
Birsfelden W	■	■	■	■												

■ positive Korrelation $p < 0.01$	■ negative Korrelation $p < 0.01$
■ positive Korrelation $p < 0.05$	■ negative Korrelation $p < 0.05$
■ keine signifikante Korrelation	■ nicht beurteilt

Legende, siehe Tab. 7

3.2.3 Wehrfelder, Turbinenbetrieb

1985 und 1995 wurde untersucht, ob der Fischaufstieg durch die Öffnung der am nächsten bei der FAH gelegenen Wehrklappe beeinflusst wird. Um auch allfällige negative Effekte entfernter Wehrfelder oder Turbinen zu dokumentieren, wurden 2005 erstmals alle Turbinen und alle Wehrklappen in die Untersuchungen einbezogen. Beim Kraftwerk Schaffhausen wurde sogar zwischen der Öffnung der Wehrschütze (Wehrüberfall) und der Wehrsegmente (Grundablass) unterschieden. Getestet wurde, ob der mittlere Fischaufstieg aller Arten grösser war bei geöffneten oder geschlossenen Wehrklappen bzw. grösser war, wenn die Turbinen in Betrieb oder ausser Betrieb waren.

Im Jahr 2005/06 war bei den Kraftwerken Eglisau, Laufenburg und Birsfelden nachzuweisen, dass mehr Fische aufstiegen, wenn die am nächsten bei der FAH gelegene(n) Wehrklappen geöffnet war(en). Dasselbe gilt für die am nächsten bei den FAH Säckingen und Augst gelegenen Maschinen. Beim Kraftwerk Laufenburg stiegen signifikant weniger Fische auf, wenn die am weitesten von der FAH entfernte Wehrklappe geöffnet war (Tab. 9). Die flussaufwärts wandernden Fische, welche der Hauptströmung folgen, finden FAH besser, welche nahe bei Hauptströmung gelegen sind. Dass bei den übrigen Anlagen keine solche Beziehung nachweisbar war, hängt damit zusammen, dass in vielen Anlagen der Fischaufstieg generell positiv mit dem Abfluss korreliert (siehe Kapitel 3.2.2) und bei höherem Abfluss auch mehr Turbinen laufen bzw. mehr Wehrklappen geöffnet sind. Aus diesem Grunde sollte wenn immer möglich in der Zeit mit dem stärksten Fischaufstieg die am nächsten bei der FAH gelegene Turbine in Betrieb sein bzw. die nächste Wehrklappe geöffnet sein. Durch eine gezielte Steuerung der Wehranlagen bzw. durch eine Abstimmung der Betriebszeiten der Turbinen auf die Wanderaktivität der Fische kann die Fischmigration gefördert werden und die Wartezeiten der Fische beim Suchen des Einstiegs verkürzt werden.

Tab. 9 > Einfluss des Wehrüberfalls bzw. des Turbinenbetriebs auf die Zahl aufsteigender Fische

Violett: FAH mit Einstieg beim Wehrkolk, hellgelb: FAH mit Einstieg zum Unterwasser der Turbinen

	linksufrig						rechtsufrig										
Fließrichtung ↑	Birsfelden W		W1	W2	W3	W4	W5	FAH									
	Augst MH	FAH	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7								
	Wyhlen Fischlift W									W7	W8	W9	W10	FAH			
	Wyhlen Beckenpass MH	F10	F09	F08	F07	F06	S6	S5	S4	S3	S2	S1	FAH				
	Rheinfelden W		W5	W6	W7	FAH											
	Ryburg-Schwörstadt MH-Seite	FAH	M1	M2	M3	M4											
	Ryburg-Schwörstadt W-Seite		W1	W2	W3	W4	FAH										
	Säckingen MH		M1	M2	M3	M4	FAH										
	Laufenburg W		W1	W2	W3	W4	FAH										
	Laufenburg MH	FAH	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10					
	Albbruck-Dogern W	FAH	W5	W4	W3	W2	W1										
	Albbruck-Dogern MH	FAH	M3	M2	M1												
	Reckingen W	FAH	W1	W2	W3												
	Reckingen MH		M1	M2	FAH												
	Eglisau MP	FAH	W1	W2	W3	W4	W5	W6									
	Schaffhausen Wehrsegmente	FAH	WS1	WS2	WS3												
	Schaffhausen Wehrüberfall	FAH	W1	W2	W3												

Legende

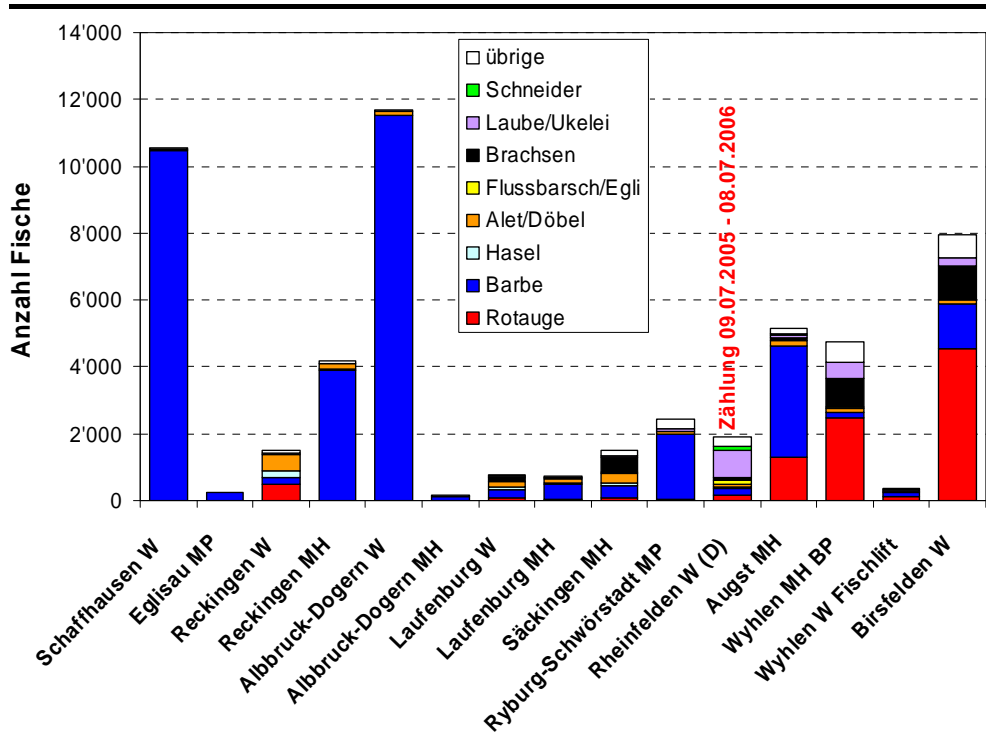
- Signifikant mehr Fischaufstieg bei geöffneter Klappe oder laufender Turbine ($p < 0.01$)
- Signifikant mehr Fischaufstieg bei geöffneter Klappe oder laufender Turbine ($p < 0.05$)
- Signifikant weniger Fischaufstieg bei geöffneter Klappe oder laufender Turbine ($p < 0.01$)
- Mehr Aufstieg, wenn nächstgelegene Wehrklappe offen bzw. nächstgelegene Turbine läuft
- Weniger Aufstieg, wenn entfernteste Wehrklappe offen bzw. entfernteste Turbine läuft
- Einfluss Wehrklappen oder Turbinen nicht nachweisbar (kein Unterschied)
- Keine Abklärungen möglich (z. B. Turbine immer in Betrieb, Wehr immer geschlossen)

3.3 Gesamtaufstieg am Hochrhein zwischen April und Oktober 2005

Da die Aufstiegsfrequenz unter anderem durch Grösse und Typ des Gewässers beeinflusst wird, und zudem grossen interannuellen Schwankungen unterliegt, ist ein Vergleich mit anderen FAH nur schwierig möglich. Der gleichzeitige Vergleich einer Kette von Staustufen an demselben Gewässer ist eine Möglichkeit, um zu diesen Vergleichszahlen zu gelangen. In Untersuchungen am Main wurden Unterschiede um einen Faktor 10 zwischen benachbarten FAH als Hinweis auf eine relativ schlechte Funktionsfähigkeit gewertet (Schwevers et al. 2005). Die Untersuchungen Hochrhein sind sehr wohl für einen derartigen Vergleich geeignet, da sie alle zeitgleich stattfanden und 15 Anlagen an 10 Staustufen des Hochrheins umfassten. Gleichzeitig fanden am grössten Hochrhein-Zufluss, der Aare Zählungen statt.

Abb. 20 > Hochrheinkraftwerke: Summe der zwischen April und Oktober 2005 aufgestiegener Fische nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt

Übrige Fischarten: siehe Tabellen am Schluss.



Lage FAH: W = Wehr; MH = Maschinenhaus; MP = Mittelpfeiler

Als erstes fallen die sehr grossen Unterschiede zwischen den einzelnen FAH auf (Abb. 20). Während bei der wehrseitigen FAH des Kraftwerks Albrück-Dogern in den untersuchten sieben Monaten 11'700 Tiere aufstiegen, schafften dies beim Maschinenhaus des gleichen Kraftwerks lediglich 157 Fische, also 75mal weniger. Neben dieser Anlage erreichten die FAH der Kraftwerke Eglisau, Wyhlen (Fischlift) und Laufenburg (beide Anlagen) unterdurchschnittliche Gesamtaufstiege.

Weit über dem Durchschnitt lagen die wehrseitigen FAH der Kraftwerke (neben Albrück-Dogern auch Birsfelden und Schaffhausen). Aber auch Anlagen mit sehr geringem Gesamtaufstieg (Eglisau, Wyhlen Fischlift) hatten ihren Einstieg auf der Wehrseite. Die sehr guten Ergebnisse der wehrseitigen Anlagen widersprechen zum Teil Erfahrungen aus anderen Fischaufstiegskontrollen, auf Grund welcher eher empfohlen wird, FAH auf der Seite der Turbinenauslässe zu installieren.

Die Anlagen auf der Seite des Maschinenhauses (Augst, Wyhlen Beckenpass sowie Reckingen) erreichten zum Teil ebenfalls hohe Gesamtaufstiegswerte, aber die FAH des Kraftwerks Albrück-Dogern lieferte den geringsten Wert. Weder bezüglich der Lage (Maschinenhaus oder Wehr) noch bezüglich der Art der FAH (Fischlift, Beckenpass, Vertikalschlitzpass, Raugerinne-Beckenpass) lassen sich die Anlagen eindeutig in «gut» und «schlecht funktionierende» einteilen (Abb. 20).

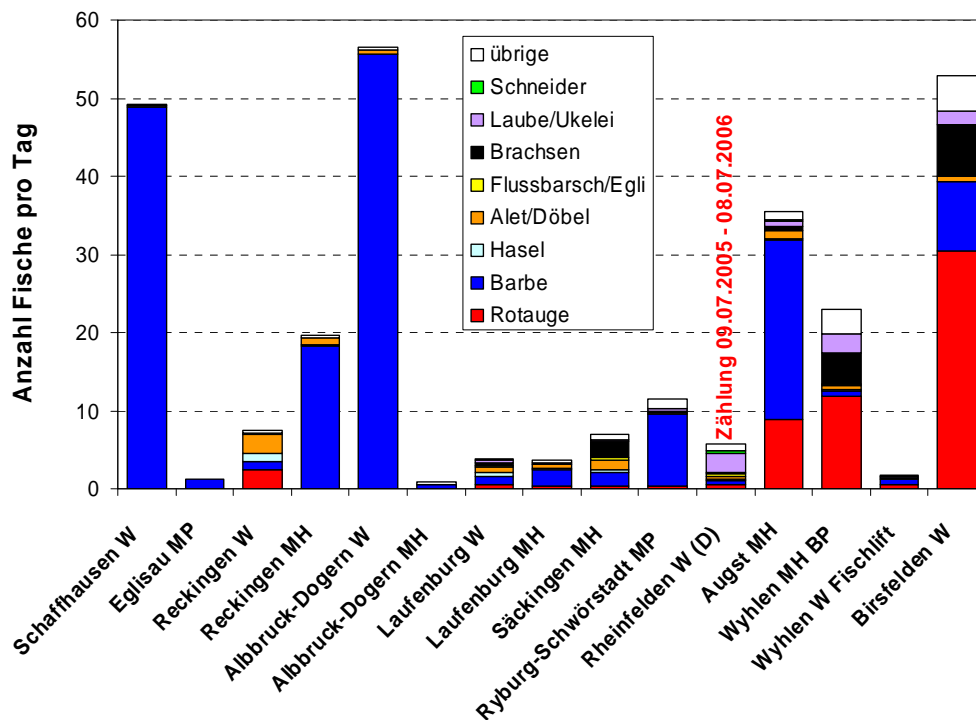
Beurteilt man die FAH an einer Staustufe gemeinsam, so sind beim Kraftwerk Eglisau eindeutige Defizite erkennbar, dessen Aufstiegsfrequenz im Vergleich zur oben liegenden FAH um einen Faktor 50 und zur unterliegenden um einen Faktor 30 abfällt und damit weit über dem Faktor 10 (Schwevers et al. 2005) liegt. Das Kraftwerk Laufenburg unterscheidet sich hinsichtlich der Aufstiegsfrequenz um einen Faktor 8 gegen Albrück-Dogern und um einen Faktor 3 gegen Säckingen.

Die Zahl der Arten, die im Wesentlichen am Aufstieg beteiligt sind, variierte von Anlage zu Anlage erheblich (Abb. 21): Während in Schaffhausen, Reckingen (Maschinenhaus) und Albrück-Dogern (beide Anlagen) praktisch nur Barben aufstiegen, waren bei anderen FAH (Reckingen Wehr, Laufenburg Wehr, Säckingen, Wyhlen beide Anlagen, Birsfelden) mehrere Arten in relativ hohen Anteilen vertreten. Rotaugen waren praktisch nur bei den untersten Anlagen (Augst-Wyhlen, Birsfelden) sowie in Reckingen auf der Wehrseite in Anteilen von mehr als 15 % vertreten.

Es ist ferner ersichtlich, dass zwei FAH bei ein und demselben Kraftwerk ein völlig verschiedenes Artenspektrum aufweisen können (Abb. 21). Während die FAH in Reckingen beim Maschinenhaus vorwiegend von Barben benützt wurde, diente die wehrseitige Anlage im Wesentlichen fünf Arten (Rotaugen, Alet, Barbe, Hasel, Brachsen) als Aufstiegsmöglichkeit. Der Hasel stieg in keiner anderen FAH am Hochrhein in derart hohen Anteilen auf. Das Phänomen unterschiedlicher Artensetzungen liess sich auch bei den Kraftwerken Laufenburg und Augst-Wyhlen beobachten.

Abb. 21 > Hochrheinkraftwerke: Mittlerer Tagesaufstieg (Anzahl Fische pro Tag) in der Periode von April bis Oktober 2005 nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt

Beim Kraftwerk Rheinfelden wurde die Periode vom 9.7.–31.10.2005 und 1.4.–8.7.2006 dargestellt.



Da bei den Kraftwerken Augst und Birsfelden jeweils an den Wochenenden keine Zählungen stattfanden, ist für einen Vergleich der einzelnen Anlagen untereinander der mittlere Tagesaufstieg die bessere Grösse (Abb. 21). Im Unterschied zum Gesamtaufstieg lag beim mittleren Tagesaufstieg Birsfelden vor Schaffhausen.

3.4 Vergleich mit dem Gesamtaufstieg an der Aare (Apr. und Okt. 2005)

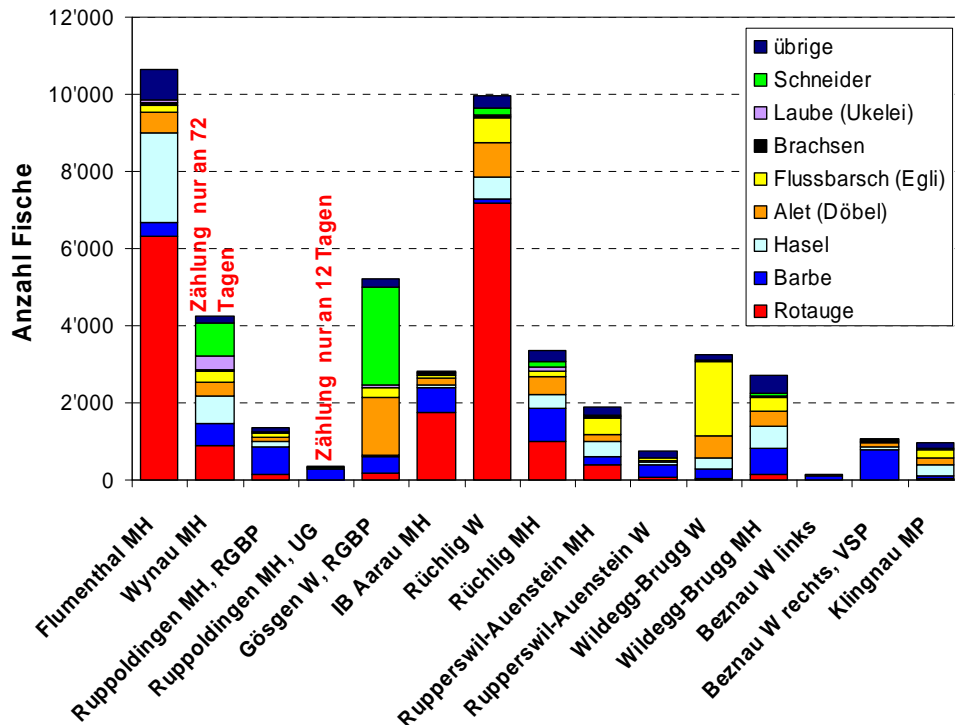
Die Grössenordnung der Aufstiegszahlen, sowohl Maxima, als auch Minima, waren am Hochrhein und an der Aare ähnlich (Abb. 22). Entsprechend gross waren auch die Unterschiede.

Im Gegensatz zum Hochrhein liessen sich Spitzenaufstiege an der Aare sowohl bei Wehren (Rüchlig), als auch beim Turbinenauslauf (Flumenthal) beobachten.

Im Vergleich der Aarekraftwerke mit den Kraftwerken am Hochrhein fehlt die klare Dominanz der Barbe. Praktisch in allen Anlagen trugen mehrere Arten wesentlich zum Gesamtaufstieg bei. Während Hasel und Flussbarsch bei den Aarekraftwerken wesentlich höhere Anteile erreichten als am Rhein, war es bei dem Brachsen gerade umgekehrt.

Abb. 22 > Aarekraftwerke: Summe der zwischen April und Oktober 2005 aufgestiegener Fische nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt

Übrige Fischarten: siehe Tabellen am Schluss



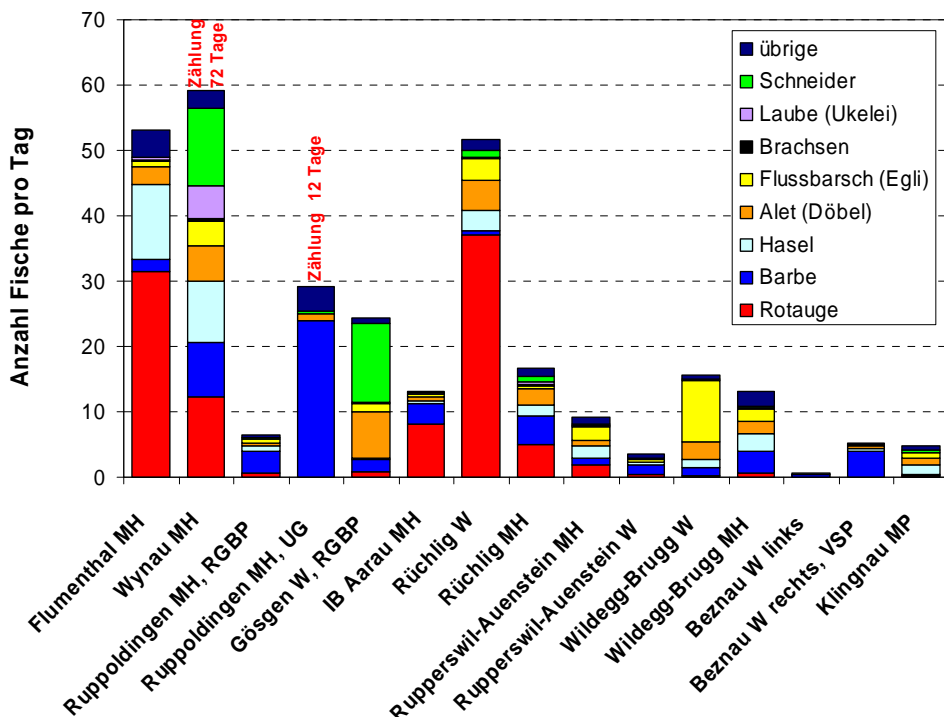
Lage FAH: W = Wehr; MH = Maschinenhaus; MP = Mittelpfeiler.

Typ FAH: RGBP = Raugerinne-Beckenpass; UG = Umgehungsgewässer;

VSP = Vertikalschlitzpass; keine Angabe: konventioneller Beckenpass.

Der Schneider frequentierte zwei FAH besonders stark, welche mit einer Natursohle ausgestattet waren (Wynau und Gösgen). In einer weiteren Anlage (Ruppoldingen, Raugerinne-Beckenpass) war der Schneideraufstieg trotz naturnaher Sohle gering (Abb. 23), was auf einen Artefakt zurückzuführen ist: Wegen eines ca. 10 cm breiten Schlitzes zwischen Kontrollreuse und Beckenwand konnten die Fische aufsteigen, ohne mit der Reuse erfasst zu werden. Das natürliche Umgehungsgewässer in Ruppoldingen konnte wegen der geringen Probedichte und der unterschiedlichen Erhebungsmethodik bezüglich des Schneideraufstiegs nicht beurteilt werden (Abb. 23).

Abb. 23 > Aarekraftwerke:
Mittlerer Tagesaufstieg (Anzahl Fische pro Tag) nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt



3.5 Jahreszeitliche Verteilung des Fischaufstiegs

Bei den meisten Anlagen setzte der Fischaufstieg Ende April ein. Ausnahme bildet das Kraftwerk Augst, wo bereits Anfang April zahlreiche Rotaugen hinaufwanderten.

Bei den meisten FAH war die Aufstiegsfrequenz nur bis Anfang Oktober hoch und nahm anschliessend abrupt ab. In den drei FAH: Reckingen Maschinenhaus, Augst und Birsfelden war der Fischaufstieg bis Ende Oktober hoch (Abb. 25–Abb. 26).

Aus den Aufstiegsfrequenzen lassen sich Aktivitätsmaxima der einzelnen Arten herauslesen, welche mehr oder weniger gleichzeitig in den verschiedenen Staustufen stattfanden. So liess sich praktisch bei allen FAH, wo **Barben** aufsteigen, eine starke Wanderaktivität dieser Art in der zweiten Maihälfte feststellen. Ausnahme bildete das Kraftwerk Eglisau. Eine weitere Phase mit erhöhter Aktivität wurde in vielen FAH im September beobachtet. Ausnahme bildete hier das Kraftwerk Schaffhausen. Im Sommer gab es verschiedene Barben-Aufstiegsmaxima, welche nicht bei jedem Kraftwerk gleichzeitig stattfanden (Abb. 25–Abb. 26).

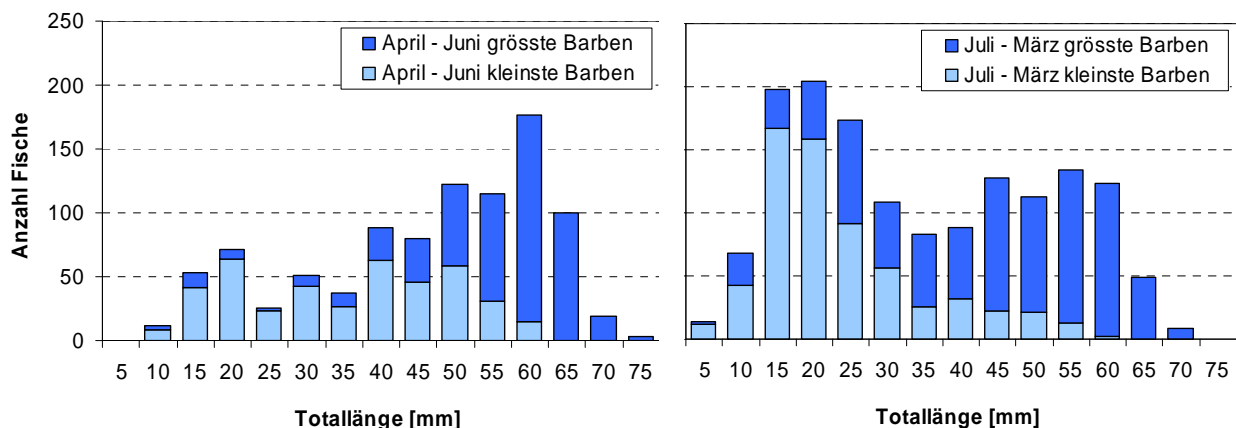
Bereits in den Jahren 1985 und 1995 erfolgte ein starker Barbenaufstieg in den Monaten Mai bis Juni, welchen Gerster (1998) mit der Laichzeit assoziierte. Das klare Dominieren grosser Barben in der Längenverteilung (Abb. 24) stützt diese Interpretati-

on, ebenso wie Untersuchungen bei der Staustufe Reckingen durch Zeh (1993): Gemäss Reifegrad-Untersuchungen werden Barbenmännchen bereits ab Längen von 20 cm, Weibchen ab 43 cm laichreif. Im Jahr 1991 dauerte die Laichperiode der Art im Hochrhein von Mai bis Juli.

Vom Juli 2005 bis März 2006 waren verschiedene Längenklassen am Barbenaufstieg beteiligt mit einem Überwiegen von Jungfischen. In verschiedenen anderen Untersuchungen an der Aare (Guthruf 1996; Guthruf 2006a; Guthruf 2006b) und in der Elbe (Prchalova et al. 2006) wurden ähnliche saisonale Unterschiede festgestellt.

Abb. 24 > Längenverteilung aufsteigender Barben in allen FAH des Hochrheins nach Jahreszeiten getrennt: links: April – Juni 2005; rechts Juli 2005 – März 2006

*Rheinfeldern wurde wegen der abweichenden Zählperiode nicht berücksichtigt.
Pro Tag und FAH wurden jeweils die längste und die kürzeste Barbe registriert.*



Ausgeprägte **Rotaugenwanderungen** wurden in der Zeit von Ende April bis Anfang Mai und von Ende August bis Anfang September beobachtet. Zwischen Juli und Oktober traten zusätzliche Peaks auf, welche aber nicht bei allen FAH zeitgleich stattfanden. Auch an der Donau liess sich im März-April ein starker Rotaugenaufstieg beobachten, welcher auf Grund der Dominanz grosser Tiere als eindeutige Laichwanderung interpretiert wurde (Eberstaller et al. 2001). In der Aare zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein konnte dagegen im April 2006 kein Rotaugenaufstieg nachgewiesen werden. Als Ursache werden Defizite an den FAH vermutet (Guthruf 2006b).

Brachsen waren über eine längere Periode am Fischaufstieg beteiligt, wobei die Aktivität in den meisten Anlagen, in denen Brachsen aufsteigen, im August und September überdurchschnittlich hoch war. Beim Kraftwerk Birsfelden begann der Aufstieg früher und dauerte länger (Juni–Oktober). Beim Kraftwerk Wyhlen begann der Brachseaufstieg ebenfalls früher als bei den anderen Kraftwerken, nämlich im Juni. Anhand der Längenverteilung dominierten vor allem kleine Tiere, während grosse im laichfähigen Alter nur sehr schwach vertreten waren. Aussagen über Laichwanderungen sind nicht möglich, da die Zahl grosser und damit laichfähiger Brachsen äusserst gering war (Kapitel 3.12.4).

Der **Laubenaufstieg** war von Ende August bis Anfang September erhöht. In Rheinfelden dauerte er bis Ende September an (Abb. 25–Abb. 26). Ein Peak im August war bereits im Jahr 1995 zu beobachten. Während der Laubenzug im September 1995 relativ gering war, folgte im warmen Oktober 1995 (im ganzen Monat um 15 °C) eine Phase mit erhöhter Aktivität. Je nach klimatischen Bedingungen pro Jahr suchen die Fische offenbar früher oder später ihre Wintereinstände auf.

Bei allen FAH unterhalb der Aaremündung fällt eine stark erhöhte Aktivität in der ersten Septemberwoche auf (Abb. 25–Abb. 26). Einzige Ausnahme bildet die FAH beim Wehr Laufenburg, wo die Reusenkontrollen während der entsprechenden Woche wegen eines hochwasserbedingten Reusendefekts unterbrochen werden mussten. Ein ähnlicher Aktivitätspeak wie im Anschluss an das Jahrhunderthochwasser von Ende August 2005 war weder 1985, 1995 noch im Jahr 2005 oberhalb der Aaremündung feststellbar. Die beobachtete erhöhte Wanderaktivität im September 2005 konnte dagegen in noch stärkerem Ausmass an der Aare zwischen Bielersee und der Mündung in den Rhein beobachtet werden. Die zeitliche und räumliche Ausprägung dieses Phänomens legt den Schluss nahe, dass es sich um Kompensationswanderungen im Anschluss an das Jahrhunderthochwasser handelt. Der Unterschied zwischen den Rheinabschnitten ober- und unterhalb der Aaremündung lässt sich dadurch erklären, dass während der Hochwasserspitze rund 2/3 des Wassers aus der Aare stammten das Hochwasser oberhalb der Aaremündung weitaus weniger stark ausfiel (Spitze 2005: 1249 m³/s, Spitze 1904–2005: 2250 m³/s).

Eine Studie an der Mur in Österreich stützt diese Annahme: 664 Fische (Äschen, Regenbogenforellen und Bachforellen), welche in einer Kontrollreuse einer FAH gefangen und individuell markiert worden waren, wurden im Oberwasser der FAH ausgesetzt. Anschliessend erfolgte eine Stauraumpülung. Nach dieser Spülung wurden 43 dieser Tiere erneut in der Reuse gefangen. Die offenbar während der Spülung flussabwärts verfrachteten Fische konnten durch eine Kompensationswanderung das Oberwasser wieder erreichen (Jungwirth & Parasiewicz 1994). Dass Fische durch Hochwasser bis mehrere Kilometer flussabwärts verfrachtet werden, konnte in einer Telemetriestudie an Seeforellen im Alpenrhein gezeigt werden (Mendez 2007). Auch Regenbogenforellen im Tongariro River in Neuseeland wurden durch Hochwasser flussabwärts verdriftet (Dedual & Jovett 1999).

3.6 Zeitliche Veränderung des Fischaufstiegs und Fangs

3.6.1 Veränderung des Aufstiegs und Fangs vor 1985/90

Ein Langzeitvergleich des Fischaufstiegs an der Aare zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein zeigte erstens einen massiven Zusammenbruch der Aufstiegszahlen. Im langfristigen Vergleich (Beginn der Zählungen bis 1990) verschwand die Nase fast vollständig und die Barbe nahm sehr stark ab. Auch nach 1990 ging die Aufstiegsfrequenz der Barbe, der damals immer noch häufigsten strömungsliebenden Art weiter zurück, sodass Ubiquisten wie Flussbarsch und Alet die ursprünglichen typischen Flussfischarten ablösten (Guthruf 2006b).

Sehr ähnliche und tief greifende Veränderungen ergaben sich auch am Hochrhein. Je nach Staustufe verringerte sich der Fischaufstieg um einen Faktor 2 bis 80. Der stärkste Rückgang erfolgte bei den meisten Staustufen zwischen den 1960er- und 1980er-Jahren.

Der praktisch totale Zusammenbruch des **Nasenaufstiegs** war auch am Hochrhein zu beobachten. Ähnlich wie an der Aare erfolgte die stärkste Abnahme dieser heute in der ganzen Schweiz vom Aussterben bedrohten Art zwischen 1950er- und 1980er-Jahren (Staub & Gerster 1992). Die etwa gleichzeitige und gleich starke Abnahme der Art in den Fängen (Gerster 1990) macht deutlich, dass ein effektiver Zusammenbruch des Bestandes stattgefunden hat.

Die starke Abnahme der **Barbe** bestätigte sich absolut auch am Hochrhein. Der Rückgang war aber in der Grössenordnung der Abnahme des Gesamtaufstiegs, so dass der Prozentanteil der Barbe bei einzelnen Staustufen sogar zunahm. Im Kanton Baselstadt, wo die Fangaufzeichnungen seit 1943 vorliegen, konnte ein massiver Zusammenbruch des Barbenfangs ab 1950 nachgewiesen werden, der im Rahmen des Gesamtfangrückgangs liegt. Während im Jahr 1950 noch 8927 Nasen und 1750 Barben gefangen wurden, konnten aus der entsprechenden Strecke im Jahr 2005 lediglich noch 66 Nasen (um Faktor 135 tiefer) und 80 Barben (um Faktor 21 tiefer) gefangen werden.

Als Ursachen für den Zusammenbruch der Zahl der aufwärts wandernden Fische und insbesondere der auf Strömung angewiesenen Nase wird in erster Linie die Zerstörung von Lebensraum durch den Bau von Kraftwerken zwischen den verschiedenen Zählungen ausgemacht. Der Zusammenbruch der Nasenfänge und des Gesamtfangs im Kanton Baselstadt setzte mit dem Bau des Kraftwerks Birsfelden ein (Gerster 1990).

Es wird ferner angenommen, dass die Stauraumbewirtschaftung im Stau Säckingen zusätzlich für den Rückgang des Fischaufstiegs beim oberhalb anschliessenden Kraftwerk Laufenburg verantwortlich gewesen war. Auch technische Verschlechterungen der Aufstiegsanlagen wurden als mögliche Ursache diskutiert (Staub & Gerster 1992).

3.6.2 Veränderung des Gesamtaufstiegs in den Jahren 1985, 1995 und 2005

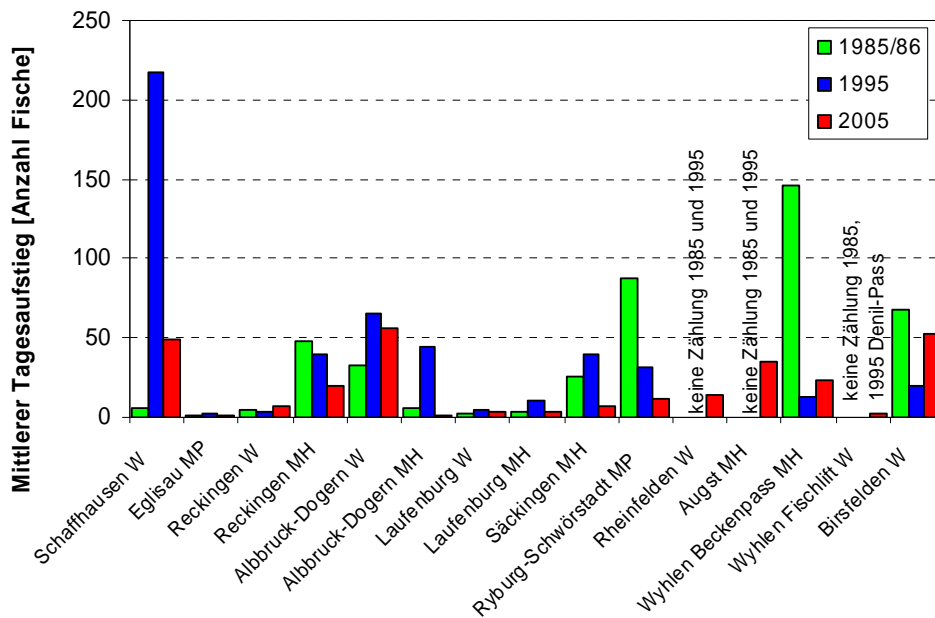
Aus der zeitlichen Entwicklung des Fischaufstiegs lässt sich kein einheitliches Bild ableiten. Bei den meisten FAH war der Aufstieg im Jahr 1995 am höchsten.

In zwei FAH (Reckingen Maschinenhaus und Ryburg-Schwörstadt) nahm der Fischaufstieg in den drei untersuchten Jahren kontinuierlich ab.

In den beiden untersten FAH mit Vergleichszahlen hat der Fischaufstieg von 1985 zu 1995 stark abgenommen, gefolgt von einer Zunahme im Jahr 2005 (Abb. 27). Die Entwicklung beim Rotauge dürfte dieses Resultat wesentlich beeinflusst haben. Auch der Chemieunfall in Schweizerhalle vom 1. November 1986 hat den Fischbestand im Rhein von der Staustufe Augst an abwärts massiv beeinträchtigt (Müller & Meng 1990), wodurch das Potenzial aufsteigender Fische in den Staustufen Birsfelden und Augst-Wyhlen und vermutlich auch bei weiter flussaufwärts gelegenen Anlagen auf Jahre hinweg stark abgenommen hat.

Abb. 27 > Mittlerer Tagesaufstieg (alle Arten) in den FAH der Hochrheinkraftwerke in den Monaten April–Oktober

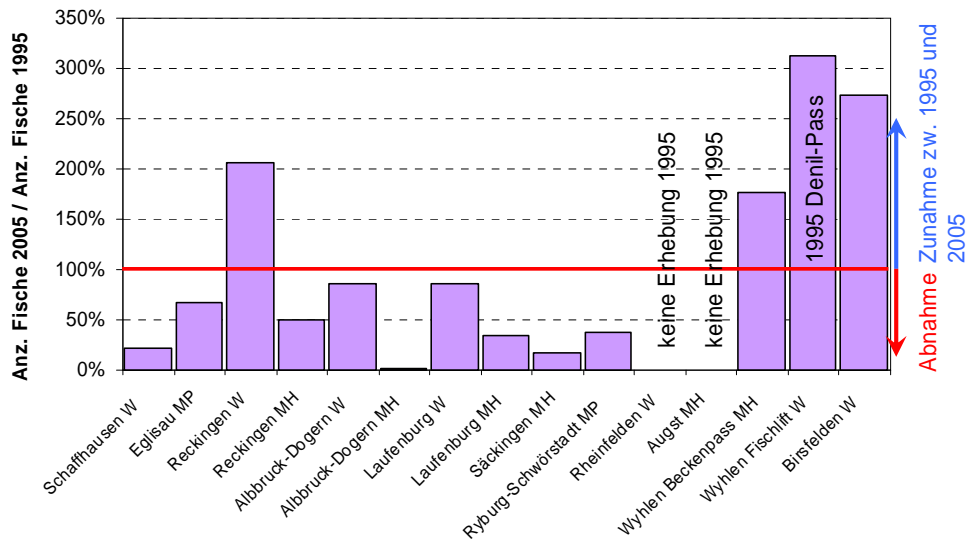
Vergleich der Jahre 1985/86 (Mai – Oktober 1985; April 1986), 1995 und 2005 (jeweils April–Oktober). Zwischen 1995 und 2005 wurde der Denil-Pass beim Kraftwerk Wyhlen durch einen Fischlift ersetzt (Standort identisch).



Mittlerer Tagesaufstieg: Summe der an allen FAH aufgestiegenen Fische / Mittelwert der Zähltage. Es wurden nur FAH berücksichtigt, an denen in allen drei Jahren gezählt wurde (Rheinfelden und Augst nicht berücksichtigt).

Abb. 28 > Vergleich des Fischaufstiegs von April bis Oktober in den Jahren 1995 und 2005

100 % = Anzahl aufgestiegene Fische im Jahr 1995. Zwischen 1995 und 2005 wurde der Denil-Pass beim Kraftwerk Wyhlen durch einen Fischlift ersetzt (Standort identisch).



Vergleicht man lediglich die beiden letzten Untersuchungsjahre, so hat der Gesamtaufstieg nur in den drei untersten FAH zugenommen, wobei die stärkste Zunahme (> 300 % von 1995) in der wehrseitigen FAH in Wyhlen registriert wurde: Der ursprüngliche Denil-Pass wurde dort an der gleichen Stelle durch einen Fischlift ersetzt.

Die Zunahme in Reckingen beim Wehr kommt eher einer Umverteilung zwischen den beiden FAH gleich, als einer effektiven Zunahme. In beiden Anlagen zusammen sind 2005 deutlich weniger Fische aufgestiegen als 1995 (Abb. 27).

Eine massive Abnahme des Gesamtaufstiegs hat in der unveränderten FAH beim Maschinenhaus des Kraftwerks Albruck-Dogern stattgefunden: Während vom April bis Oktober 1995 noch durchschnittlich 44 Fische pro Tag aufstiegen, war es in der gleichen Periode im Jahr 2005 nicht einmal ein einziger. Bei der Betrachtung der Artenzusammensetzung fällt auf, dass im Jahr 1995 96 % der aufsteigenden Fische Aale waren. Der Hauptgrund für den massiven Rückgang der Aufstiegsfrequenz in dieser FAH dürfte deshalb der Abnahme des Aals zuzuschreiben sein. Ob zusätzlich eine Verschlechterung der Aufstiegsbedingungen das Ergebnis mit beeinflussten, soll in einer Gegenüberstellung von Aufstieg und Fang durch Fischer diskutiert werden (Kapitel 3.6.4).

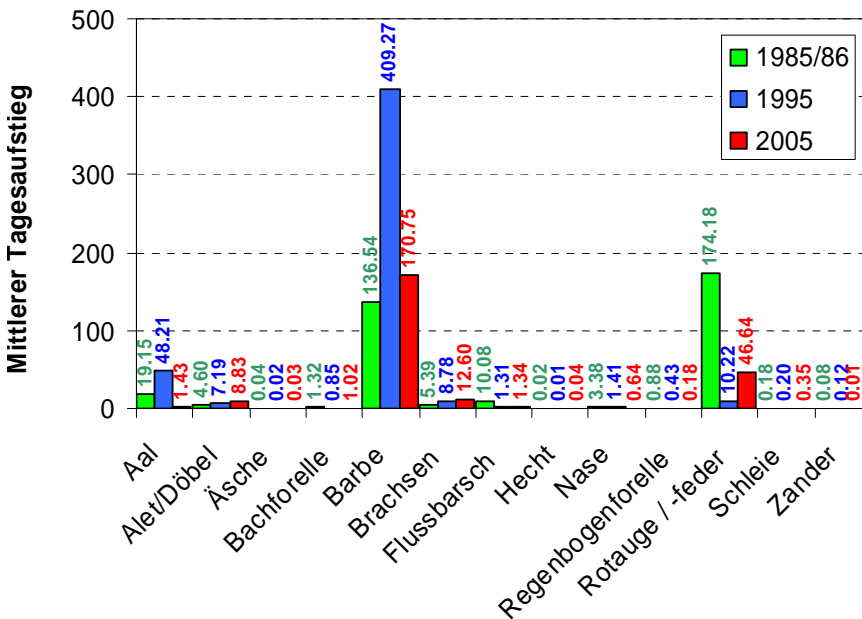
3.6.3 Zu- bzw. Abnahme der verschiedenen Fischarten im Aufstieg

Bei der Betrachtung der zeitlichen Veränderung lässt sich für die verschiedenen Fischarten kein einheitliches Bild feststellen:

- > Die Zahl aufsteigender **Barben** hat zwischen 1985 und 1995 sehr stark zugenommen. Der massive Aufstieg beim Kraftwerk Schaffhausen im Jahr 1995 (über 40'000 Stück) beeinflusst im Wesentlichen dieses Resultat. Zwischen 1995 und 2005 hat die Zahl wiederum abgenommen auf ein gegenüber 1985 leicht höheres Niveau. Wegen des sehr starken Einflusses einzelner FAH müssen zur Beurteilung eines allgemeinen Trends die Ergebnisse der einzelnen FAH betrachtet werden.
- > Die Zahl aufsteigender **Rotaugen** ist zwischen 1985 und 1995 massiv zusammengebrochen (Gerster 1998b) und hat zwischen 1995 und 2005 wieder zugenommen, allerdings ohne die Werte von 1985 zu erreichen.
- > Die Zahl der aufsteigenden **Aale** hat sich zwischen 1985 und 1995 mehr als verdoppelt und brach in der folgenden Zehnjahresperiode sehr stark zusammen.
- > Der **Flussbarsch** und die **Nase** haben in den drei Kontrolljahren im Fischaufstieg kontinuierlich abgenommen, der Barsch auf 13 % und die Nase auf 20 % der Frequenz des Jahres 1985.
- > **Brachsen** und **Alet** haben im Verlauf der drei Zählungen kontinuierlich zugenommen. 2005 stiegen mehr als doppelt so viele Tiere auf als 1985 (Abb. 29).

Abb. 29 > Mittlerer Tagesaufstieg in den Jahren 1985/86, 1995 und 2005 nach Arten getrennt.

Grundlage: Aufstieg in den Monaten April–Oktober
(Mai – Oktober 85 / April 86 bzw. April – Oktober 1995/2005)



Berechnungen siehe Abb. 27

Zur besseren Visualisierung der zeitlichen Veränderungen bei den verschiedenen Arten wurde die relative Veränderung zwischen 1995 und 2005 dargestellt. Aus Abb. 30 ist ersichtlich, dass zwischen 1995 und 2005 16 Fischarten im Aufstieg zugenommen haben, während lediglich 10 Arten eine sinkende Frequenz aufwiesen. Viele Arten mit zunehmender Tendenz wie Bachsaibling, Gründling oder Karausche, waren aber nur durch Einzelexemplare vertreten und trugen somit nur wenig zum Gesamtaufstieg bei. Dieser Gruppe sind zwei Arten zuzuordnen, welche trotz der geringen Zahl für das Ökosystem nicht unbedeutend sein dürften: Der **Rapfen** hat im Fischaufstieg seit 1995 von 0 auf 21 Individuen und der **Wels** von 0 auf 9 Individuen zugenommen (Abb. 30). Die beiden Topprädatoren konnten erst in den letzten Jahren im Hochrhein nachgewiesen werden. Die Zunahme dieser beiden Spezies in den Zählungen entspricht in etwa den Veränderungen in den Angelfischerfängen und die Zählungen zeigen, dass die Arten von den Möglichkeiten zur Ausbreitung regen Gebrauch machen (Kapitel 3.6.4). Die Längenverteilung der Tiere zeigt, dass es sich beim Rapfen ausnahmslos und beim Wels vorwiegend um grosse Tiere handelt.

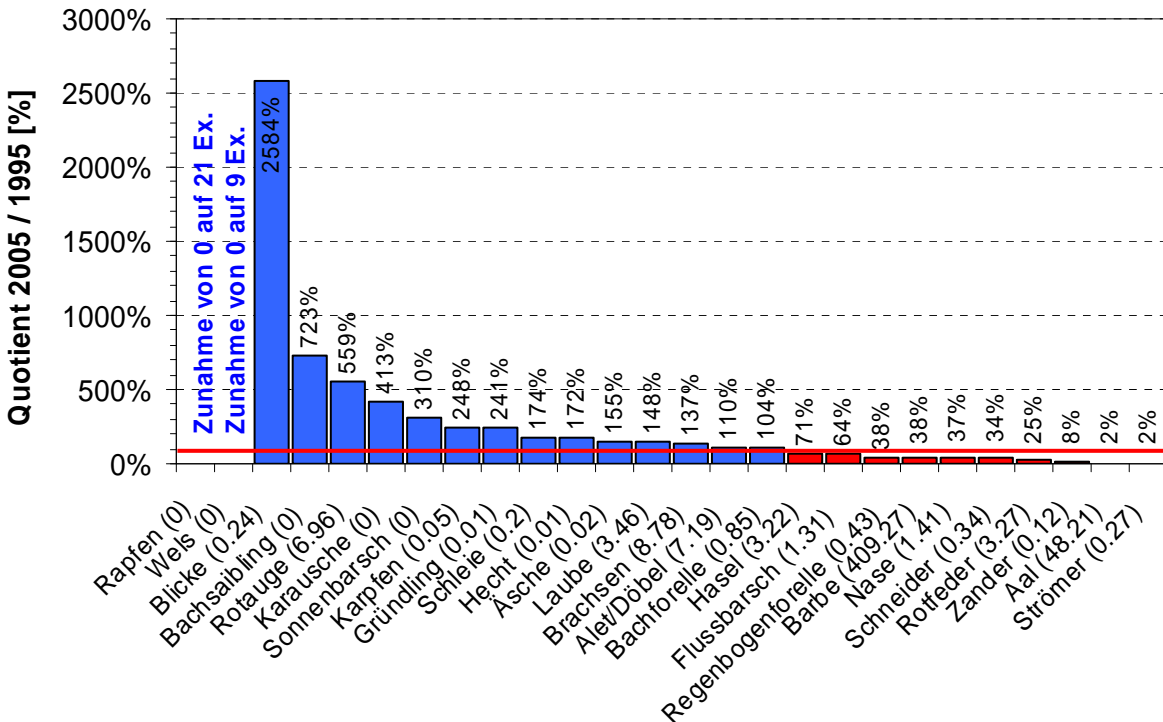
Während der Rapfen im Jahr 2005 bereits das Kraftwerk Laufenburg überwunden hatte, kommt der Wels mehr oder weniger in der gesamten Strecke zwischen Bodensee und Basel vor: Bis Rheinau ist er relativ häufig, weiter flussaufwärts kommt er nur noch sporadisch vor. Zwischen dem Kraftwerk Schaffhausen und dem Rheinfall fehlen bisher Nachweise des Welses. Die Beobachtung der Besiedlungsentwicklung durch diese beiden Arten wird in den kommenden Jahren ein immer spannenderes Thema. Das beste Mittel zur Verfolgung der Entwicklung sind weitere Aufstiegskontrollen.

Die **Blicke** ist die Art, die in den letzten 10 Jahren am meisten zugenommen hat, wurden doch 2005 über 30mal mehr Individuen gezählt als 1995. Da diese Art leicht zu verwechseln ist mit dem Brachsen, kann die geringe Zahl im Jahr 1995 zum Teil auch auf Fehlbestimmungen (Brachsen) zurückzuführen sein: Im Jahr 2005 wurden die für die Zählung verantwortlichen Personen speziell instruiert, um diese beiden Arten unterscheiden zu können. Besonders durch die farbigen Fischfotos, die den Zählenden zur Verfügung gestellt wurden, dürfte die Gefahr von Fehlbestimmungen reduziert worden sein. Auch bei Zusammenfassung von Blicke und Brachsen resultiert eine starke Zunahme gegenüber 1995.

Der **Strömer** ist dagegen eine Art, die sehr stark im Fischaufstieg zurückgegangen ist.

Abb. 30 > Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs an Hochrhein zwischen 1995 und 2005 nach Arten getrennt (Quotient 2005/1995)

100 % = Anzahl aufsteigende Fische im Jahr 1995. Grundlage: Aufstieg in den Monaten April–Oktober. Werte in Klammern (X-Achse): Mittlerer täglicher Fischaufstieg 1995



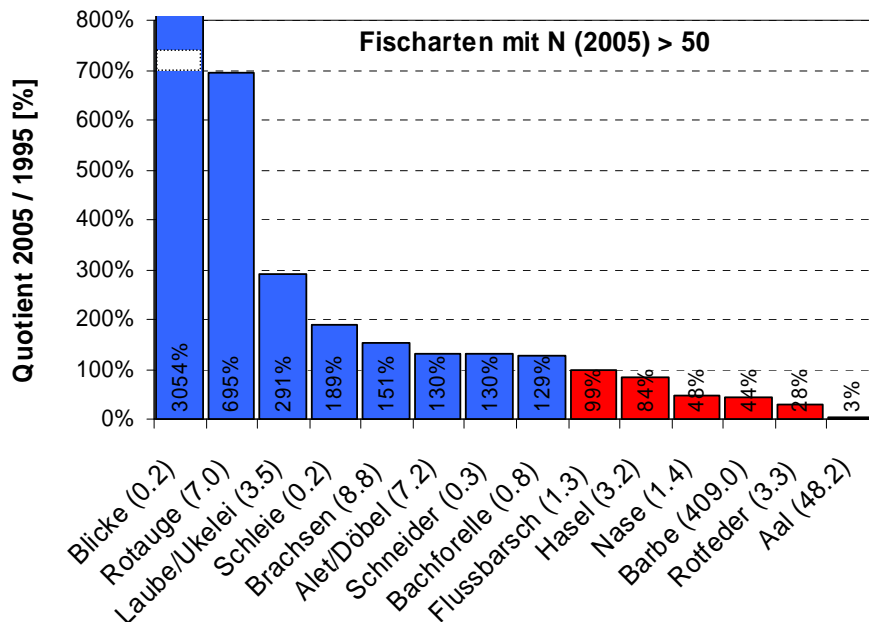
Berechnungen siehe Abb. 27

Die Beschränkung der Betrachtung auf Fischarten, von welchen in diesem Jahr 50 oder mehr Individuen aufgestiegen sind (Abb. 31), lässt erkennen, dass der **Aal** am stärksten abgenommen hat. Die Gruppierung der Fischarten nach Strömungsgilden zeigt, dass unter den stark zunehmenden Arten (> 150 %) die meisten indifferent (Blicke, Rotauge, Laube) oder limnophil waren (Schleie).

Unter den stark abnehmenden Arten befanden sich dagegen abgesehen vom Aal mehrheitlich rheophile Arten (Barbe, Nase und Hasel).

Abb. 31 > Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs am Hochrhein zwischen 1995 und 2005 nach Arten getrennt (Quotient 2005/1995)

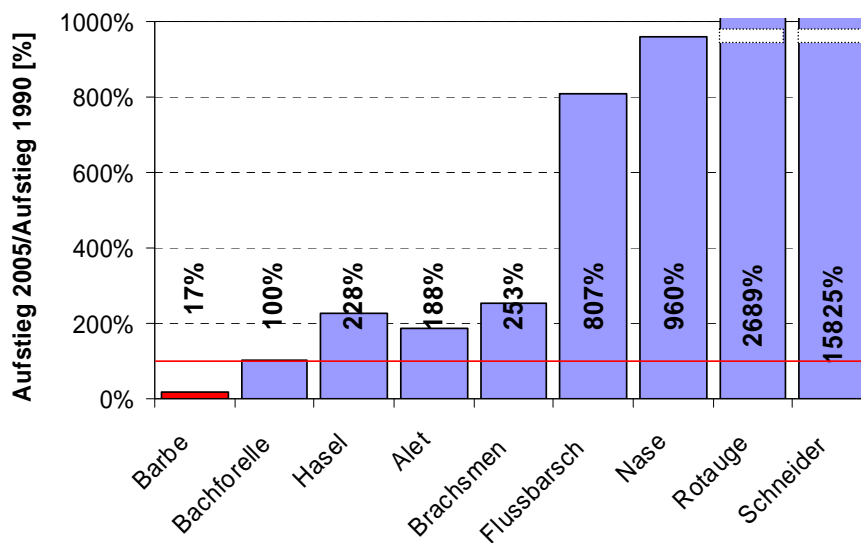
100 % = Anzahl aufsteigende Fische im Jahr 1995. Berücksichtigt wurden nur Fischarten, von denen 2005 mehr als 50 Stück aufstiegen



Berechnungen siehe 0

Abb. 32 > Veränderung der Aufstiegszahlen an den Aarekraftwerken zwischen den 1990er-Jahren und 2005 (Quotient 2005/1990er-Jahre) nach Fischarten getrennt

Rote Linie = 100 %; kein Unterschied zwischen 1990 und 2005



Diese Tendenz deckt sich mit den Feststellungen an der Aare, wo zwischen 1990 und 2005 ebenfalls die indifferenten Fischarten stark auf Kosten der rheophilen Arten zugenommen haben (Abb. 32). An beiden Gewässern ist die Abnahme der rheophilen Fischarten vor allem auf eine Art zurückzuführen, die Barbe. Während bei den Rheinkraftwerken der Barbenaufstieg im Jahr 2005 noch 44 % des Jahres 1995 betrug (Abb. 31), war der Rückgang an der Aare in einem etwas längeren Zeitraum viel ausgeprägter, stiegen doch im Jahr 2005 nur noch 17 % der Barben auf wie 1990. Die Zusammensetzung der zunehmenden indifferenten Arten ist in Aare und Hochrhein nicht ganz dieselbe: Während Rotaugen, Alet und Brachsen in beiden Gewässern deutlich zunehmen, konnte die starke Zunahme des Flussbarsches an der Aare (+715 %) im Hochrhein nicht bestätigt werden. Auch der Hasel zeigte in beiden Gewässern nicht einheitliche Tendenzen. Diese Unterschiede sind mit grosser Wahrscheinlichkeit darin begründet, dass die Vergleichszahlen in der Aare aus dem Jahr 1990 und im Rhein aus Jahr 1995 datieren. Gerade der Hasel und der Flussbarsch sind bekannt dafür, dass sie von Jahr zu Jahr sehr ausgeprägte Bestandesschwankungen durchmachen können.

Aufstiegszahlen nach Arten und FAH getrennt

Um nachvollziehen zu können, ob die Veränderungen der Aufstiegszahlen auf das Ergebnis einzelner FAH zurückzuführen ist oder ob sie in allen FAH gleichermassen auftreten, wurden die Veränderungen bei drei häufigen Fischarten nach FAH getrennt aufgeschlüsselt.

Beim **Alet** bewegten die Aufstiegszahlen der einzelnen FAH zwischen 1995 und 2005 mehrheitlich in einem ähnlichen Rahmen (Abnahme um 27 % bis Zunahme um 24 %). Die deutliche Zunahme des durchschnittlichen Aufstiegs ist im Wesentlichen auf zwei FAH (Reckingen Wehr, Zunahme auf 560 %; Säckingen, Zunahme auf 194 %) zurückzuführen. Bei der FAH beim Maschinenhaus des Kraftwerks Albbruck-Dogern dagegen ist die Aufstiegszahl von insgesamt 374 Tieren im Jahr 1995 auf Null im Jahr 2005 zusammengebrochen (Abb. 33). Beim Kraftwerk Eglisau war bereits im Jahr 1995 nur ein einziger Alet aufgestiegen.

Die Entwicklung des **Rotaugenaufstiegs** ist nicht einheitlich: Von 7 FAH, in denen im Jahr 1995 durchschnittlich mehr als 0.1 Rotaugen pro Tag aufstiegen, war bei einer FAH eine leichte Zunahme zu registrieren (Laufenburg rechts beim Wehr). An deren drei (Birsfelden, Reckingen, Wyhlen Beckenpass) nahm die Aufstiegsfrequenz zwischen 1995 und 2005 stark zu. Diese drei FAH sind im Wesentlichen für die Zunahme des Durchschnittswertes über die verschiedenen Kraftwerke verantwortlich. An drei FAH (Laufenburg, Säckingen, Ryburg-Schwörstadt) nahm der Aufstieg zwischen 1995 und 2005 leicht ab (Abb. 34).

Abb. 33 > Alet: Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs zwischen 1995 und 2005 (Quotient 2005/1995) nach FAH getrennt

X-Achse: Zahlen in Klammern = mittlerer Tagesaufstieg 1995. Blaue Säulen: Mehr aufsteigende Alet im Jahr 2005 als 1995, rote Säulen: Alet-Aufstieg 2005 geringer als 1995

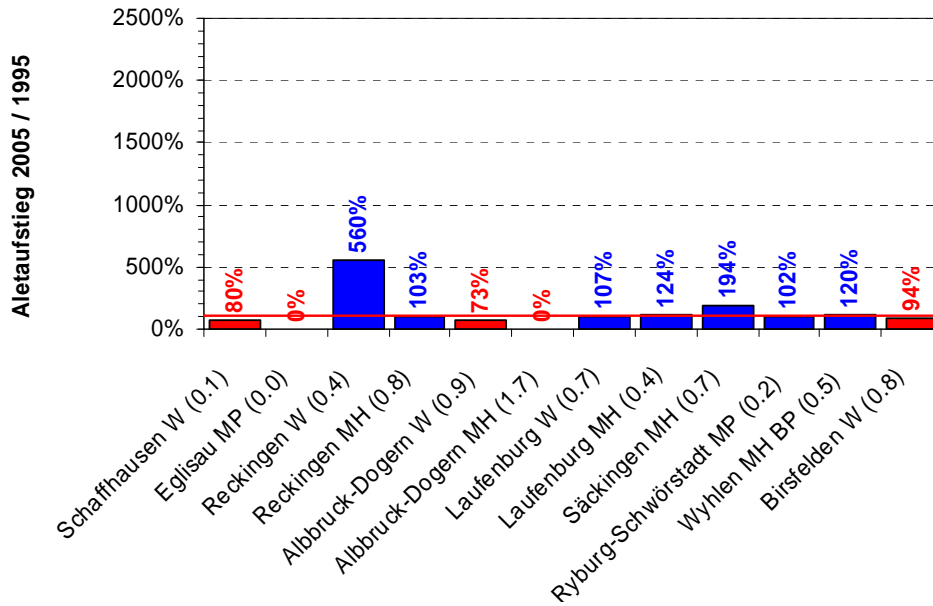
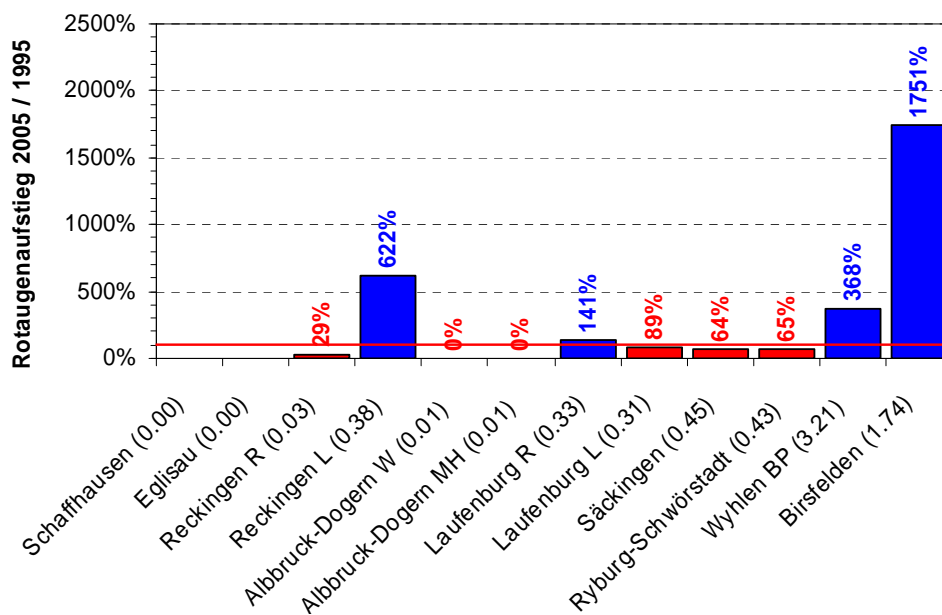


Abb. 34 > Rotaugen: Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs zwischen 1995 und 2005 (Quotient 2005/1995) nach FAH getrennt

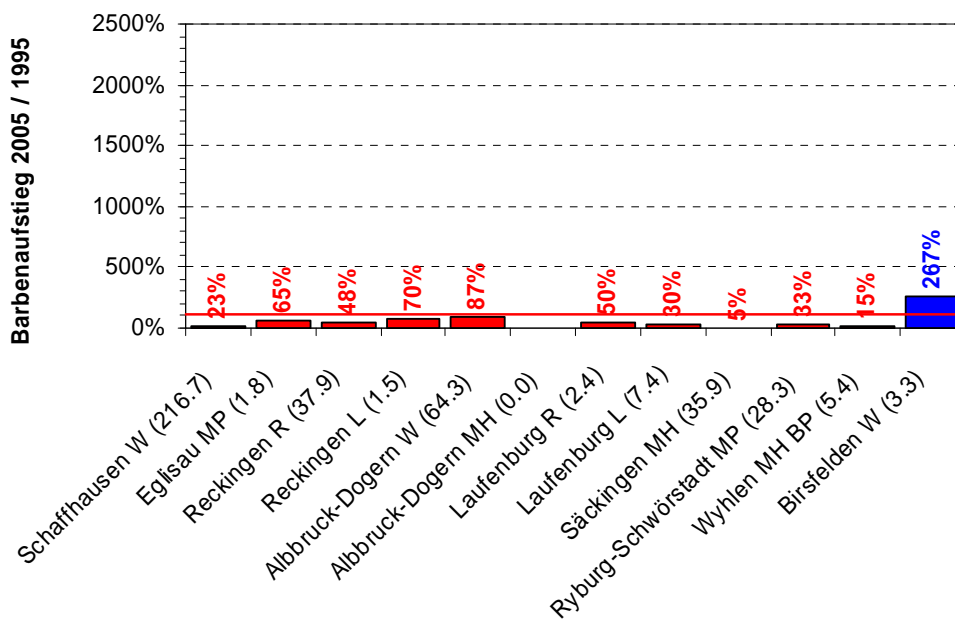
Zahlen X-Achse in Klammern = mittlerer Tagesaufstieg 1995. Blaue Säulen: Mehr aufsteigende Rotaugen im Jahr 2005 als 1995, rote Säulen: Rotaugen-Aufstieg 2005 geringer als 1995



Der **Barbenaufstieg** hat mit einer Ausnahme (Birsfelden) bei allen FAH leicht (Albruck-Dogern, Wehr) bis sehr stark (Säckingen) abgenommen (Abb. 35). Der bereits bei der Aare beobachtete Rückgang des Barbenaufstiegs bestätigt sich somit auch am Hochrhein. Die Abnahme des Durchschnittswertes basiert hauptsächlich auf dem starken Rückgang des Aufstiegs beim Kraftwerk Schaffhausen nach einem ausserordentlich starken Barbenzug im Jahr 1995. Aber auch andere FAH mit hohen Aufstiegszahlen im Jahr 1995 (Säckingen, Ryburg-Schwörstadt, Reckingen) tragen massgeblich zur beobachteten Tendenz bei.

Abb. 35 > Barbe: Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs zwischen 1995 und 2005 (Quotient 2005/1995) nach FAH getrennt

Zahlen X-Achse in Klammern = mittlerer Tagesaufstieg 1995. Blaue Säulen: Mehr aufsteigende Barben im Jahr 2005 als 1995, rote Säulen: Barben-Aufstieg 2005 geringer als 1995.



3.6.4

Zeitliche Veränderung von Fischaufstieg und Fang zwischen 1985 und 2005

Bei mehreren Fischarten (Alet, Schleie und Brachsen) nahm der Fang zu, während der Fischaufstieg zurückging. Die beobachtete gegenläufige Tendenz spricht einerseits für interannuelle Schwankungen, andererseits für die unterschiedliche Selektivität der beiden Erhebungsmethoden.

Bei zwei Arten haben sich Fang und Fischaufstieg in der gleichen Richtung verändert: Beim **Aal** ist sowohl zwischen 1985 und 2005, als auch zwischen 1995 und 2005 ein sehr starker Rückgang feststellbar (Abb. 36). Während die Fischer nur noch halb so viele Aale fangen wie vor 10 bzw. 20 Jahren, ist der Rückgang beim Fischaufstieg bedeutend ausgeprägter: Der Aufstieg im Jahr 2005 betrug lediglich noch 8% des Aufstiegs im Jahr 1995 bzw. 3% des Aufstiegs im Jahr 1985. Diese Feststellungen

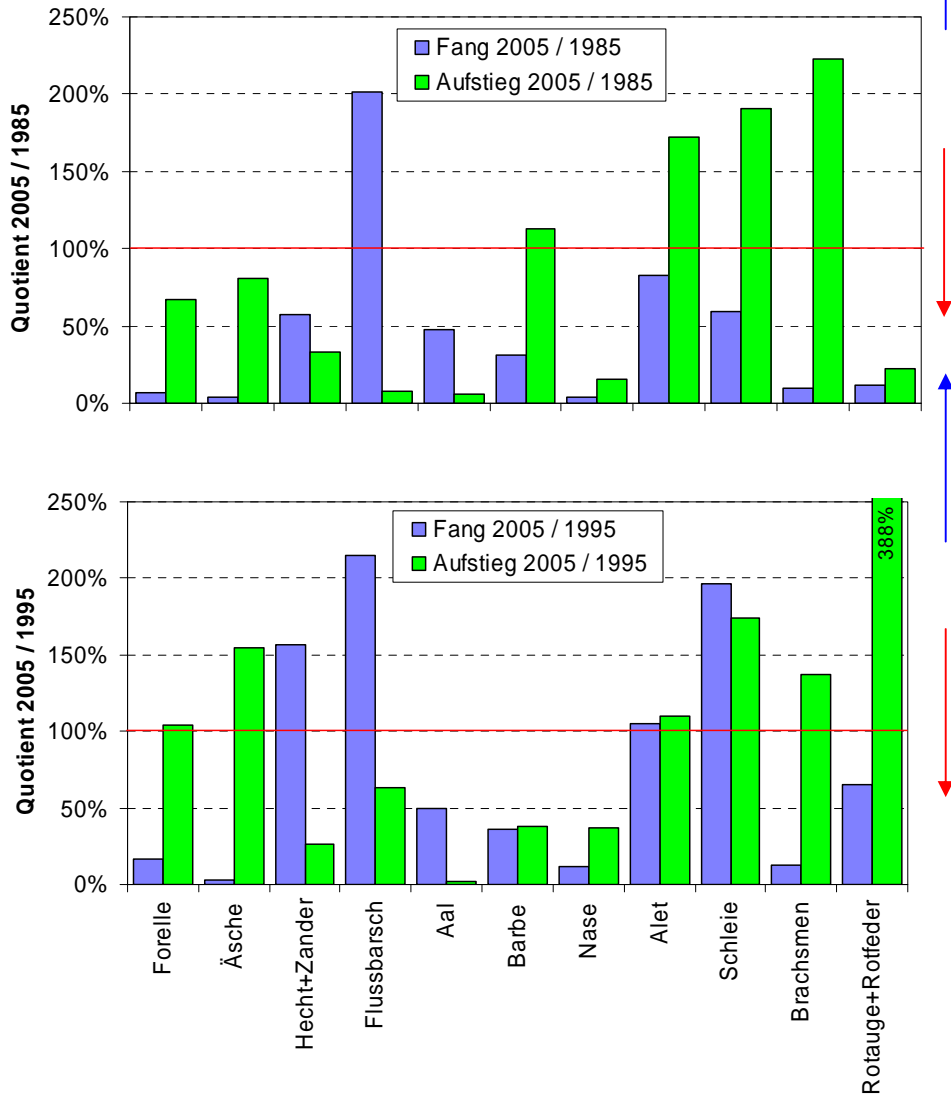
deuten klar darauf hin, dass die Dichte des Aals im Hochrhein über beide Dekaden stark abgenommen hat. Ebenso ausgeprägt ist der Rückgang der Nase: Im Jahr 2005 stiegen noch knapp die Hälfte so viele Nasen auf wie im Jahr 1995 bzw. noch ein Fünftel wie 1985. Bei dieser Art ist der Rückgang im Fang ausgeprägter als im Fischaufstieg (12 % bzw. 4 %), was damit zusammenhängen dürfte, dass die nach der neuen Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei vom Aussterben bedrohte Art von Fischern bewusst zurückhaltender befischt bzw. geschont wurde. Es ist davon auszugehen, dass auch die Nase im Hochrhein heute bedeutend seltener ist als vor 10 bzw. 20 Jahren.

Eine einheitliche Tendenz der beiden Erhebungsmethoden ist ferner bei der Barbe (Rückgang zwischen 1995–2005 auf rund 40 %) und beim Rotauge (Rückgang zwischen 1985–2005 auf 28 % bzw. 11 %) feststellbar. Dieser Rückgang wurde bereits von Gerster (1998) beschrieben. Auch Hecht und Zander sind sowohl im Fang als auch im Fischaufstieg nur noch halb so häufig wie im Jahr 1985. Grundsätzlich ist zu beobachten, dass im längeren Intervall (1985–2005) mehr Arten abgenommen haben als im kürzeren (1995–2005).

Zwei Arten sind im Hochrhein von besonderem Interesse, der Wels und der Rapfen. Der Wels, welcher aus den Juraseen und dem Bodensee stammend (Zaugg et al. 2003) in den Hochrhein gelangt ist, hat sich in den letzten Jahren dort stark ausgebreitet. Die Art, welche bisher im Fischaufstieg noch nicht nachgewiesen werden konnte, stieg im Jahr 2005 an acht FAH auf. Insgesamt waren zehn Exemplare aufgestiegen, davon 3 Exemplare unter 10 cm Länge. Sechs Tiere massen über einen Meter, das grösste Exemplar mit einer Länge von 1.35 m. Auch in den Fängen ist der Wels relativ häufig, konnten doch im Jahr 2005 565 Tiere angelandet werden. Leider liegen zu den Fängen der vergangenen Jahre keine Angaben vor.

Der Rapfen, dessen Schwerpunktgebiet der Donaauraum bildet, der aber auch in den unteren Rheinabschnitten verbreitet ist, hat sich in den letzten Jahren bis hinauf in den Hochrhein ausgebreitet und beginnt dort eine rasante Besiedlung. Gemäss Fischaufstiegskontrollen hat die Art bereits die Staustufe Laufenburg überwunden. Anhand der Längenverteilung (10–57 cm) waren sowohl juvenile als auch adulte Tiere an der Wanderung beteiligt, mit Übergewicht der subadulten bis adulten: 12 der insgesamt 22 Tiere waren über 40 cm, und nur deren zwei unter 20 cm lang. Der Rapfen, wurde in der Fangstatistik auch im Jahr 2005 nur unter «andere Arten» erfasst. Wenn auch diese an sich leicht bestimmbare Art in der Fangstatistik separat erfasst werden kann, steht neben der Fischaufstiegskontrolle ein weiteres Instrument zur Verfügung, um ihre Ausbreitung zu dokumentieren.

Abb. 36 > Zeitliche Veränderung des Fangs und des Fischaufstiegs zwischen 1985 und 2005 (obere Grafik) und zwischen 1995 und 2005 (untere Teilgrafik)



Berechnungen siehe Abb. 27

3.7 **Aufstieg während und ausserhalb der Laichzeit**

Obwohl an der Aare keine Winterzählung durchgeführt wurde und somit für die dominierenden Frühjahrs- und Sommerlaicher die Zeit während der Laichzeit überrepräsentiert ist, sind die Anteile der Fische, die während der Laichzeit wandern, in der Aare geringer als im Rhein.

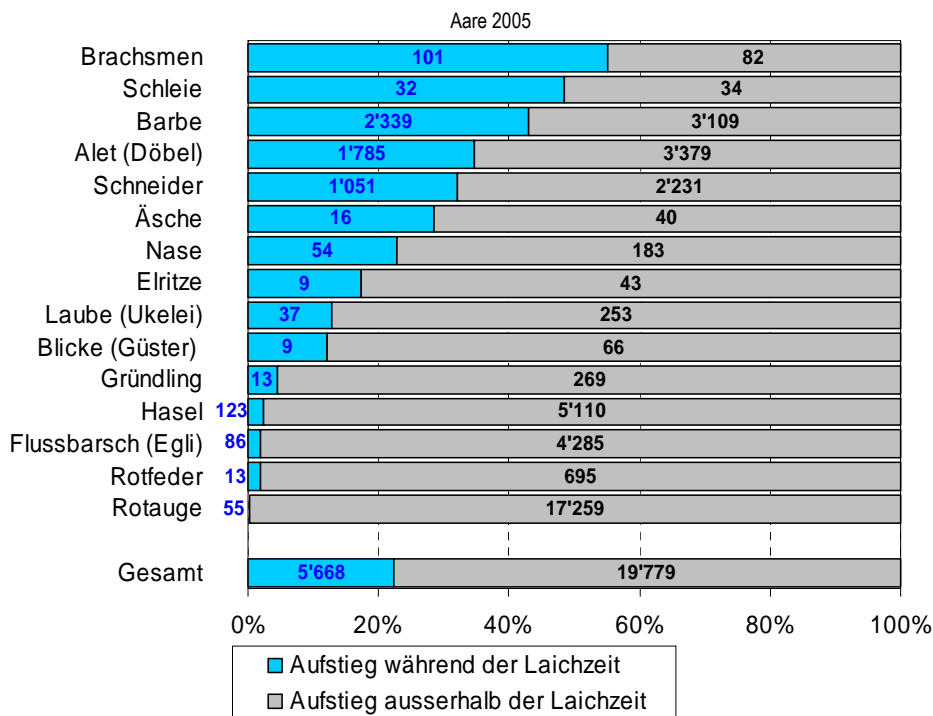
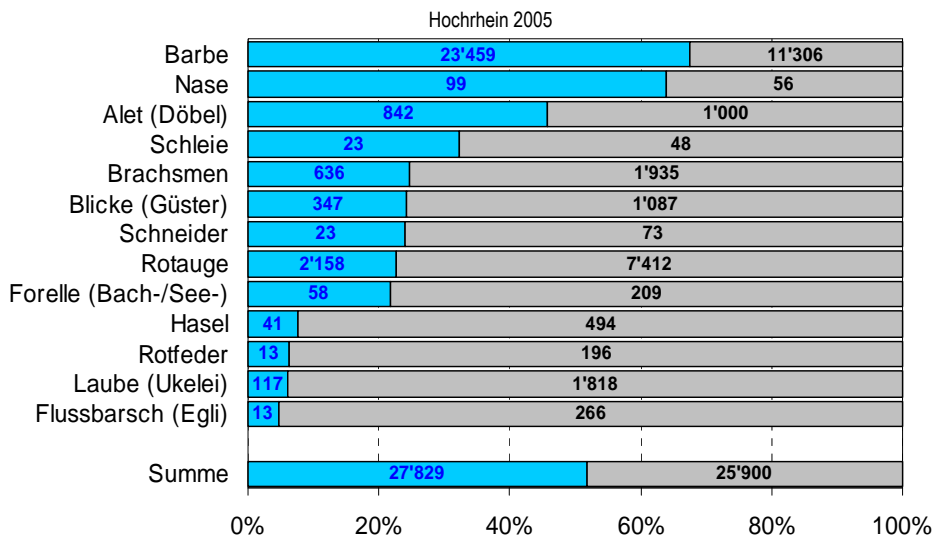
Dies gilt sowohl für 2005 (Abb. 37), als auch verglichen mit den Hochrhein-Zahlen von 1995, als die Anteile der Barbe mit 80 % noch bedeutend höher waren.

Vier von fünf Arten, deren Wanderverhalten am stärksten auf die Laichzeit konzentriert war, waren in der Aare und im Rhein – sowohl 2005, als auch 1995 – dieselben. Diese Gruppe setzte sich sowohl aus rheophilen (Barbe), indifferenten (Alet, Brachsen) wie aus limnophilen Arten (Schleie) zusammen.

Auch von den vier Arten, die den überwiegenden Teil ihrer Wanderungen ausserhalb der Laichzeit unternehmen, sind drei in den beiden Gewässern identisch. In dieser Gruppe ist eine limnophile (Rotfeder), und zwei indifferente Arten vertreten (Flussbarsch, Hasel).

Abb. 37 > Aufstiegszahlen 2005 während und ausserhalb der Laichzeit in der Aare und im Rhein (Gesamtaufstieg in allen FAH)

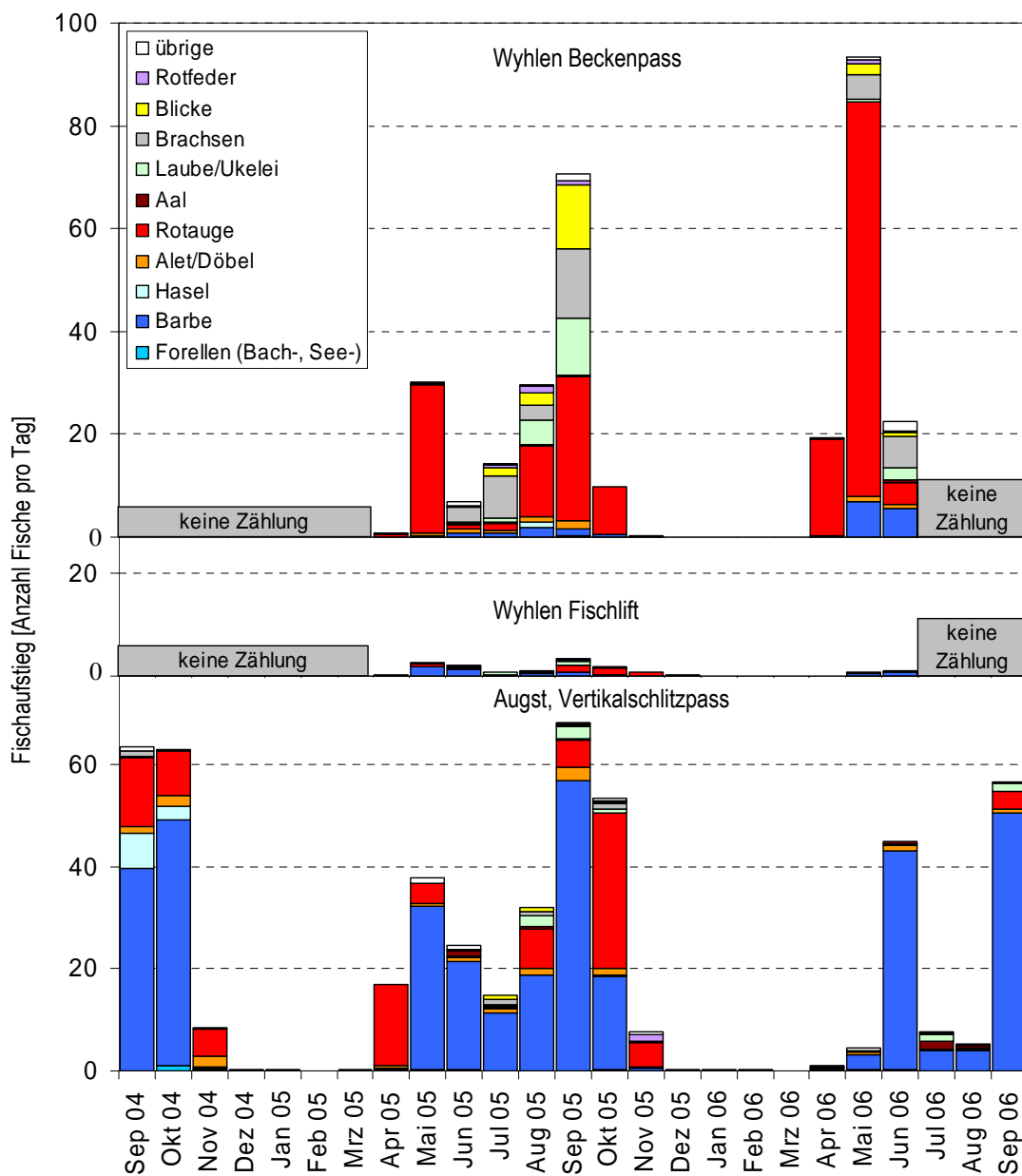
Es wurden nur Fischarten aufgetragen, deren Gesamtaufstieg > 50 war. Aale (katadrome Fischart) sind nicht aufgeführt. Das gleiche gilt für die Bachforelle in der Aare (keine Zählung während der Laichzeit). Die verwendeten Laichzeiten (+ ca. 1 Monat voraus ~ Aufsuchen der Laichgebiete, Wanderaktivität) entsprechen Literaturwerten (Gerster 1998a) und konnten an der Aare bzw. am Hochrhein für die aufgeführten Arten und das Untersuchungsjahr nicht im Detail verifiziert werden.



3.8 Variabilität von Jahr zu Jahr

Bei den Kraftwerken Augst und Wyhlen dauerte die Zählperiode mehr als ein Jahr. Dies gab die Gelegenheit, jährliche Schwankungen zu veranschaulichen. Zudem konnte der Fischaufstieg am linken und am rechten Ufer verglichen werden.

Abb. 38 > Mittlerer täglicher Fischaufstieg bei den Kraftwerken Augst und Wyhlen in der Periode von September 2004 bis September 2006



Als erstes fällt auf, dass auf der Seite von Augst vorwiegend rheophile Fischarten aufstiegen, klar dominiert durch die Barbe (Abb. 38). Hasel und Bachforelle waren zwei weitere Arten aus dieser Gruppe, welche relativ häufig anzutreffen waren. Auf der Seite von Wyhlen überwogen dagegen klar die indifferenten Arten, mit dem Rotauge als häufigster Art. In geringerer Zahl stiegen aus dieser Gruppe Brachsen, Blicken und Lauben auf. Sogar limnophile Arten wie Rotfeder und Schleie frequentierten gelegentlich diese Wanderoute. Der hohe Anteil von Strömungsindifferenten und Stillwasserarten hängt vermutlich mit dem Altrhein, einer grossen Stillwasserfläche am rechten Ufer oberhalb des Kraftwerks zusammen. Dieser Unterschied kommt auch im Fischregionsindex FRI (Abb. 41) zum Ausdruck (Kapitel 3.9.2).

Bei näherem Betrachten ist aber auch erkennbar, dass die räumliche Verteilung je nach Jahr unterschiedlich ausfallen kann: Im Sommerhalbjahr 2005 frequentierten die Rotaugen beide Anlagen in ähnlicher Zahl, während der Aufstieg im Jahr 2006 praktisch nur über Wyhlen erfolgte. Ähnliches ist bei der Barbe zu beobachten, aber mit umgekehrten Vorzeichen.

Die Rotaugenwanderung im April, welche auch an der Donau beobachtet werden konnte und dort als Laichwanderung taxiert wurde (Eberstaller et al. 2001), erfolgte im Jahr 2005 über Augst, 2006 aber über Wyhlen.

3.9 Einteilung nach Strömungsgilden, Fischregionsindex

3.9.1 Strömungsgilden

Fische werden nach ihren Strömungspräferenzen beim Laichen und im sonstigen Leben in so genannte Strömungsgilden eingeteilt. Bei Bestandeskontrollen gibt die Zusammensetzung nach Strömungsgilden Hinweise zur Beschaffenheit des Lebensraumes sowie zur Beeinträchtigung durch Verbauungen, Stauhaltungen und Wanderbarrieren.

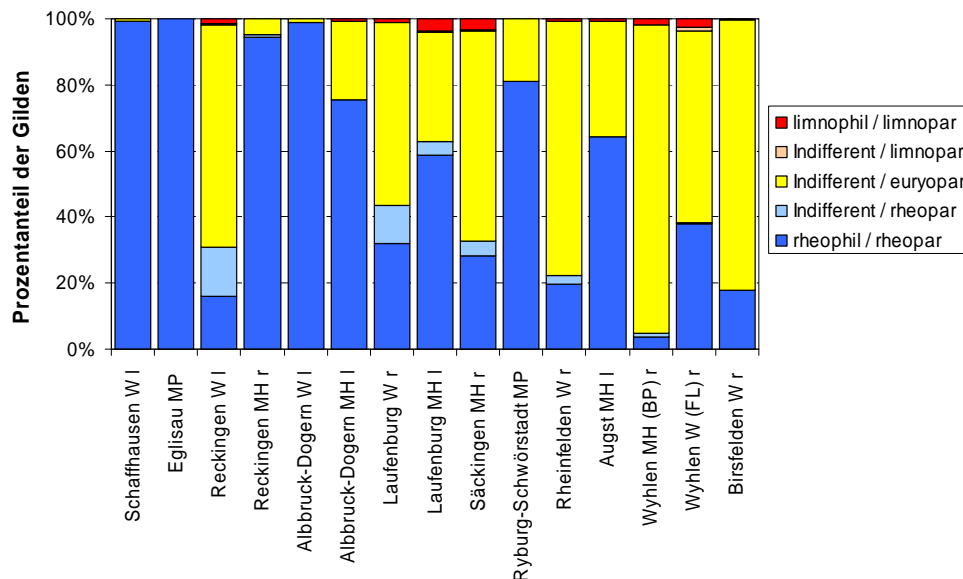
Unterschiede zwischen den verschiedenen FAH

Aufstiegszählungen sind ebenfalls beeinflusst durch die Verhältnisse ober- und unterhalb der FAH, werden aber zudem massgeblich durch die Selektivität der entsprechenden FAH beeinflusst: Anlagen, welche in den Becken zu hohe Fliessgeschwindigkeiten oder Turbulenzen aufweisen, können nur von starken Schwimmern (vornehmlich rheophile Arten) passiert werden. Zusätzlich lässt sich bei mehreren Kraftwerken beobachten, dass die Fische der verschiedenen Strömungsgilden nicht die gleichen Wanderrouen benützen.

Massgeblich beteiligt am Fischaufstieg waren zwei Strömungsgilden: Am häufigsten waren gemäss Abb. 39 die Arten, welche sowohl beim Laichen als auch im sonstigen Leben auf Strömung angewiesen sind (**rheophil/rheopar**). Diese Gruppe war vor allem durch die Barbe vertreten. Mit durchschnittlichen Anteilen von 55 % waren sie am Hochrhein häufiger als an der Aare unterhalb des Bielersees (36 %, Guthruf 2006b). Dort waren die rheophilen Arten früher noch bedeutend häufiger, haben aber in den letzten Jahrzehnten sehr stark abgenommen (Guthruf 2006b). In der FAH beim Wehr Engehalde in der auf einer längeren Strecke frei fliessenden Aare bei Bern

gehörte mit 65 % ein deutlich höherer Anteil der Gruppe der Strömungsliebenden an (Datengrundlage: Fischereinspektorat des Kantons Bern).

Abb. 39 > Einteilung der aufsteigenden Fische in Strömungsgilden nach FAH geordnet, Prozentanteile



Beim Vergleich der verschiedenen FAH untereinander ist der Anteil der strömungsliebenden Arten beim Kraftwerk Schaffhausen am höchsten (Abb. 39), was mit Sicherheit durch die Lage zwischen zwei Fließstrecken mit beeinflusst ist: Zwischen Stein und Diessenhofen befindet sich die längste Fließstrecke des Hochrheins. Flussabwärts schliesst der Stau Schaffhausen an, dessen unteres Ende das Wehr Schaffhausen mit der FAH bildet. Auch unterhalb der FAH schliesst eine Fließstrecke an. Die sehr geringe Artenzahl spricht aber dafür, dass auch eine starke Selektivität der FAH mit im Spiel ist.

Beim Kraftwerk Eglisau stiegen mit der Barbe und der Bachforelle ausschliesslich rheophile Fischarten auf. In der oberhalb des Staus Eglisau anschliessenden Fließstrecke herrschen günstige Bedingungen für rheophile Fischarten, wodurch die Voraussetzungen für einen hohen Anteil positiv sind. Die äusserst geringe Artenzahl weist aber deutlich darauf hin, dass die Anlage sehr selektiv ist.

Auch im Oberwasser des Kraftwerks Albbruck-Dogern befindet sich eine längere Fließstrecke, wodurch sich die hohen Anteile rheophiler Fischarten erklären lassen. Zudem sind Unterschiede zwischen den beiden FAH feststellbar: Während beim Wehr fast ausschliesslich rheophile Arten aufstiegen, waren es beim Maschinenhaus nur etwa drei Viertel. Dieser Unterschied war 1985 und 1995 bedeutend ausgeprägter, als die FAH beim Maschinenhaus noch von sehr vielen Aalen frequentiert wurde. Der Anteil der der Ubiquisten, zu denen der Aal gehört, lag damals über 90 %.

Auch die FAH beim Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt fiel durch hohe Anteile rheophiler Arten auf. Diese lassen sich aber nicht durch längere angrenzende Fließstrecken erklären.

Bei den Kraftwerken Augst und Wyhlen waren grosse Unterschiede zwischen linkem und rechtem Ufer zu beobachten: Während rheophile Arten mehrheitlich den Aufstieg via Schweizer Seite wählten, stiegen am deutschen Ufer fast ausschliesslich indifferente Arten auf.

Ubiquisten, welche sowohl in strömendem als auch in stehendem Wasser leben und laichen (**indifferent/euryopar**) waren am zweithäufigsten in den FAH anzutreffen. Dieser zweiten Gruppe gehören mehrere Arten in ähnlich hohen Anteilen an (Rotauge, Alet, Laube, Blicke und Brachsen).

Der Hasel gehört zur Gruppe der Fische, die ausschliesslich in fließendem Wasser laichen, aber in stehendem und in fließendem Wasser leben können (**indifferent/rheopar**) und kommt nur an einzelnen FAH in grösseren Anteilen vor (Reckingen Wehr, Laufenburg beide FAH, Säckingen und Rheinfeldern)

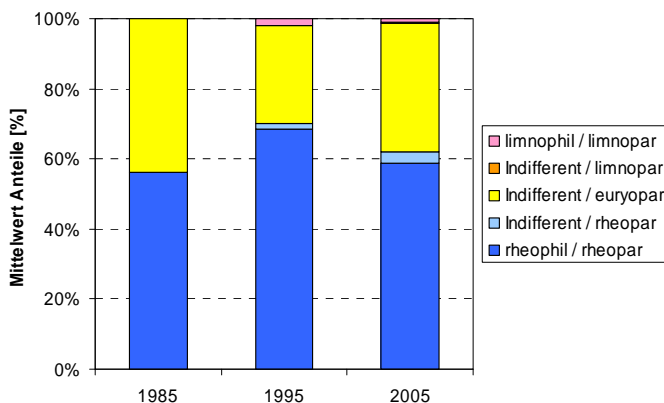
Arten, welche sich nur im stehenden Wasser fortpflanzen können (**indifferent/limnopar; limnophil/limnopar**) stiegen nur bei einzelnen FAH auf und auch dort nur in geringem Anteil. Beim Kraftwerk Wyhlen ist ihr hoher Anteil durch den Altrhein, einen grossflächigen Stillwasserbereich im Oberwasser erklärbar. Die relativ hohen Anteile bei den Kraftwerken Laufenburg und Säckingen sind schwer zu deuten, zumal Stillwasserarten wie Karpfen und Schleie in den Fängen aus den entsprechenden Stauhaltungen nicht überproportional vertreten sind.

Die Anteile der verschiedenen Strömungsgilden am durchschnittlichen Fischaufstieg veränderten sich in den drei Vergleichsjahren nur wenig (Abb. 40). Zudem sind keine Trends aus der Grafik herauszulesen. Dies steht im klaren Gegensatz zur Aare zwischen Bielersee und der Mündung in den Rhein, wo der Anteil der strömungsliebenden Arten regelrecht zusammenbrach (Guthruf 2006b).

Zeitliche Veränderung

Abb. 40 > Anteile der Strömungsgilden in den verschiedenen FAH über die Jahre 1985, 1995 und 2005

Mittelwerte über 12 FAH. Die FAH Rheinfeldern, Augst und Wyhlen (Denil/Fischlift) wurden nicht einbezogen, da nicht aus allen Jahren Zählungen vorliegen.



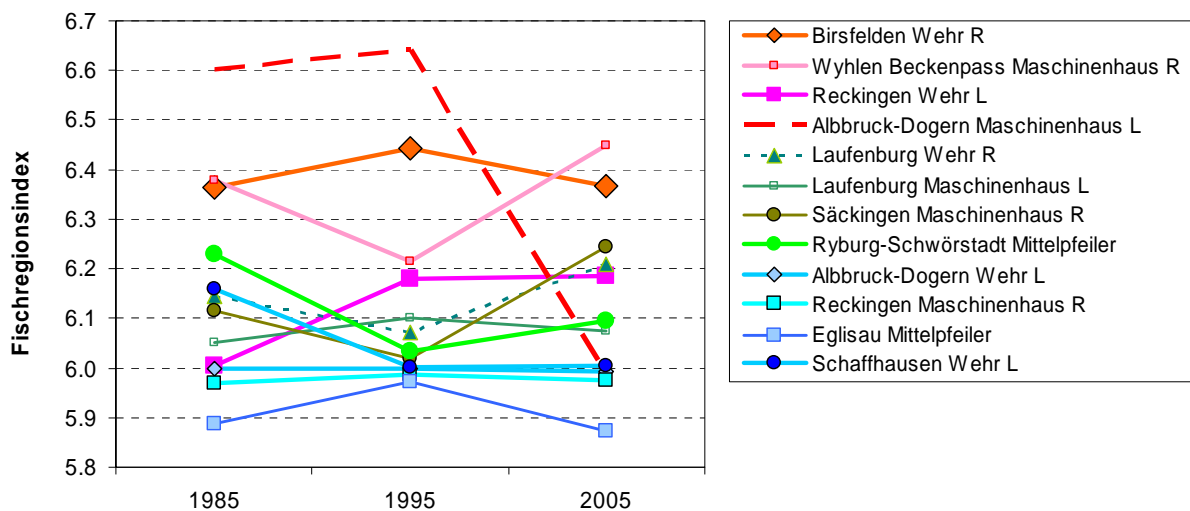
3.9.2 Fischregionsindex

Anhand der Beurteilung der aufsteigenden Fische des Fischregionsindex liegt der Schwerpunkt bei den meisten beurteilten Anlagen im Bereich der Barbenregion. Die Anlagen ober- oder unterhalb einer bestehenden Fließstrecke (Schaffhausen, Eglisau, Reckingen und Albruck-Dogern) fallen durch einen Schwerpunkt in der Barbenregion mit Elementen der Äschen oder Forellenregion auf. Die Artenzusammensetzung bei den FAH Birsfelden, Wyhlen, Reckingen beim Wehr haben ihren Schwerpunkt dagegen eher in der Brachsenregion. Dabei muss wie im vorigen Kapitel berücksichtigt werden, dass die Artenzusammensetzung neben dem Fischbestand im Ober- und im Unterwasser auch durch die Selektivität der FAH beeinflusst werden kann.

Betrachtet man die zeitliche Veränderung des Fischregionsindex, so lassen sich bei den meisten Anlagen keine Trends erkennen. Beim Fischpass Reckingen (Wehr) hat sich der Schwerpunkt von der Barbenregion leicht in Richtung Brachsenregion verschoben, während die Entwicklung beim Kraftwerk Schaffhausen gerade umgekehrt war. Eine deutliche Veränderung der Fischartenzusammensetzung im Hochrhein lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht ableiten.

Abb. 41 > Zeitliche Veränderung des Fischregionsindex bei 12 FAH am Hochrhein

Es wurden nur Anlagen berücksichtigt, bei denen aus den Jahren 1985, 1995 und 2005 Aufstiegsdaten vorliegen.



3.10 Tageszeitliche Aufstiegsfrequenz beim Kraftwerk Schaffhausen

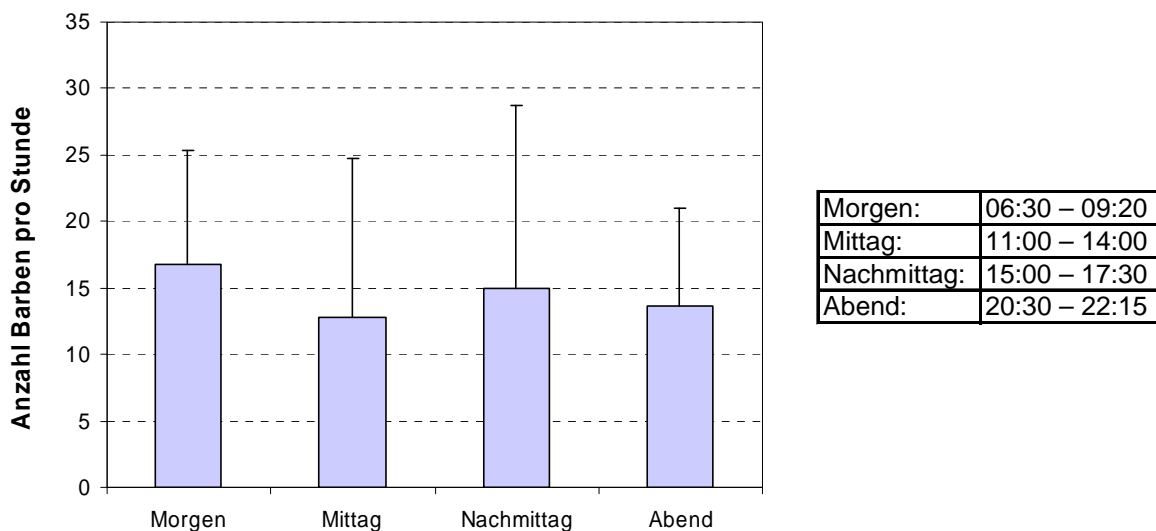
Die FAH beim Kraftwerk Schaffhausen wurde sehr stark durch Barben frequentiert. Die Kontrollreuse hatte aber nur eine beschränkte Kapazität. In Zeiten mit Massenaufstieg musste die Reuse deshalb drei bis viermal pro Tag geleert werden.

Um Anhaltspunkte über tageszeitliche Aufstiegsfrequenzen zu erhalten, wurden die Aufstiegszahlen nach Reusenleerungen getrennt aufgenommen. Zudem wurde die genaue Zeit jeder Leerung registriert. Auf diese Weise konnten Aufstiegsfrequenzen [Individuen pro Stunde] berechnet werden.

Im Unterschied zu früheren, mit Echolot und Videokameras durchgeführten Untersuchungen am Hochrhein (Zeh 1993) und im Unterschied zu Erhebungen an der Aare (Guthruf 2006b), wo in der Dämmerung und Nacht mehr Barben aufstiegen als am Tag, konnten beim Kraftwerk Schaffhausen keine tageszeitlichen Unterschiede in der Aufstiegsfrequenz nachgewiesen werden (Abb. 42).

Abb. 42 > Tageszeitliche Unterschiede in der Aufstiegsfrequenz der Barbe (Tiere pro Stunde) während der Phase mit den höchsten Aufstiegszahlen (25.5.–31.5.2005) beim Kraftwerk Schaffhausen

Säulenhöhe = Mittelwert, Fehlerbalken = Standardabweichung.
Die Leerungszeiten sind in der Tabelle am rechten Seitenrand aufgeführt.



Die im Gegensatz zu den übrigen FAH fehlende Tagesperiodizität im Barbenaufstieg hat möglicherweise methodische Ursachen, indem die Zahl der in der Reuse gezählten Barben nicht der Frequenz entspricht, mit der die Barben in die FAH einsteigen. Trotz drei bis viermaliger Leerung pro Tag kam es oft vor, dass die Reuse bis zur Hälfte mit Barben gefüllt war (Abb. 43). Es ist deshalb denkbar, dass die Fische, die die FAH passierten, nicht sofort in die Reuse gelangen konnten, sondern dort lange «anstehen» mussten. Angesichts des enormen Barbenaufstiegs beim Kraftwerk Schaffhausen ist zu empfehlen, die FAH mit einer grösseren Kontrolleinrichtung auszurüsten.

In einer FAH an der Elbe in Tschechien konnte gezeigt werden, dass die Tagesperiodizität des Aufstiegs im Jahresverlauf ändert: Während im April die Fische vor allem in den Dämmerungsstunden aufstiegen, geschah dies im Mai vor allem am Vormittag (Prchalova et al. 2006).

Abb. 43 > Reusenleerung bei der FAH beim Kraftwerk Schaffhausen



Foto: J. Guthruf

3.11 Technische Bewertung der FAH

Die verschiedenen FAH unterschieden sich sehr stark in ihren technischen Eigenschaften: So schwankte z. B. die maximal gemessene **Höhendifferenz zwischen den Becken** zwischen 15 cm (Schaffhausen) und 61 cm (Eglisau). Der ausserordentlich grosse Höhenunterschied in Eglisau ist grösstenteils durch die durchschnittliche Stufenhöhe von 52 cm gegeben. Da verstopfte Schlupflöcher ausgeschlossen werden konnten, dürften Defekte an den Querwänden bzw. unterschiedliche Schlupflochgrössen für die Differenz (52–61 cm) verantwortlich sein. Derart grosse Höhendifferenzen zwischen den Becken führen zu hohen Fliessgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern. Da die Höhendifferenz zweier aufeinander folgender Becken die überströmte Tiefe des Kroneneinschnitts weit übersteigt, entstehen Wasserfälle, die die Fische nur springend überwinden können. Dies sollte wenn immer möglich vermieden werden (Kappus & Sosat 2003).

Es ist deshalb davon auszugehen, dass Eglisau für Fische weitgehend unpassierbar ist (Tab. 11). Gemessen an der Fischfauna des Hochrheins (Barbenregion) sind auch die Stufenhöhen in Reckingen (beide Anlagen), Laufenburg Maschinenhaus, Ryburg-Schwörstadt und Birsfelden zu hoch (vgl. Schwevers et al. 2005).

Bei der Beurteilung der gemessenen **Fliessgeschwindigkeiten** in den Schlupflöchern erhielten Eglisau und Ryburg-Schwörstadt die tiefste und Reckingen Laufenburg und Wyhlen (jeweils Maschinenhaus) die zweitiefste Bewertung. Der Vergleich der gemessenen minimalen Fliessgeschwindigkeiten mit Maximalgeschwindigkeiten «burst

speed» ausgewählter Fischarten (Gebler 1987) zeigt, dass die FAH beim Kraftwerk Eglisau für die Mehrzahl der ausgewählten Fischarten wegen der gemessenen Fließgeschwindigkeiten nicht passierbar ist (Tab. 10). Die Bachforelle ist die einzige Art, die die gemessenen Fließgeschwindigkeiten überwinden kann. Drei weitere FAH (Laufenburg und Wyhlen Maschinenhaus, Ryburg-Schwörstadt) sind für 255 mm lange Schleien, 115 mm lange Flussbarsche und 100 mm lange Hasel nicht passierbar. Der wehrseitige Beckenpass beim Kraftwerk Reckingen ist für 100 mm lange Hasel nicht passierbar (Tab. 10).

Tab. 10 > Passierbarkeit der Schlupflöcher der verschiedenen FAH für ausgewählte Fischarten

Die gemessenen Fließgeschwindigkeiten wurden nach den maximalen Schwimmgeschwindigkeiten der Arten gemäss Gebler (1987) beurteilt.

Kraftwerk Standort FAH	Art (Länge in mm) aus Gebler (1987)					
	Bachforelle (250)	Karpfen (350)	Hasel (100)	Hasel (214)	Schleie (255)	Flussbarsch (115)
Schaffhausen W I	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Eglisau MP	grün	rot	rot	rot	rot	rot
Reckingen MH r	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Reckingen W I	grün	grün	rot	grün	grün	grün
Albbruck-Dogern MH I	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Albbruck-Dogern W I	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Laufenburg W r	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Laufenburg MH I	grün	grün	rot	grün	rot	rot
Säckingen MH r	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Ryburg-Schwörstadt MP	grün	grün	rot	grün	rot	rot
Rheinfelden W r	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Augst MH r	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Wyhlen MH (BP) r	grün	grün	rot	grün	rot	rot
Birsfelden W r	grün	grün	grün	grün	grün	grün

Rote Felder: nicht passierbar; grüne Felder: passierbar.

Grosse Fische können FAH bei zu geringer **Breite und Höhe der Schlupflöcher** nicht passieren. Hinsichtlich der Höhe liegen die beiden Anlagen von Albbruck-Dogern in der zweitiefsten Klasse. In Schaffhausen, Albbruck-Dogern, Rheinfelden und Wyhlen sind die Schlitzbreiten relativ gering, wobei zu geringe Höhen stärker einschränken als Breiten (Ausschluss hochrückiger Arten).

Ebenso können zu kleine **Dimensionen der Becken** grosse Fische an der Passage der FAH hindern. Viel einschneidender wirkt sich aber die Turbulenz aus (ausgedrückt als Energiedissipation oder Leistungsdichte), welche bei gleich bleibender Dotierung mit abnehmendem Beckenvolumen stark zunimmt. Arten wie Hecht und Zander reagieren sehr empfindlich auf zu hohe Turbulenz. Larinier (1983) postuliert deshalb einen Leistungsdichte-Grenzwert von 100 W/m³.

Auch für kleine Fische ist die Passage bei zu starker Turbulenz nicht mehr möglich. Während die Tiefenverhältnisse in allen FAH günstig waren, waren die Becken in zahlreichen FAH nicht ausreichend lang oder breit. Bezüglich Beckenlänge erhielten

Schaffhausen und Albruck-Dogern Wehr die tiefstmögliche Wertung. In weiteren acht FAH waren Defizite auszumachen. Hinsichtlich Beckenbreite erhielt ebenfalls die FAH in Schaffhausen die tiefstmögliche Wertung, zwei erhielten die zweitiefste. Generell ist zu bemerken, dass die Dimensionen der FAH am Hochrhein relativ bescheiden sind, was sich in einer zum Teil massiv zu hohen Leistungsdichte äussert: 6 von 14 beurteilten FAH wurden in der tiefsten von fünf Bewertungsklassen eingestuft, drei in der zweitiefsten (Tab. 11).

Bildet man einen **Mittelwert** über die neun ausgewählten Parameter, so schneiden zwei FAH in der zweitiefsten Klasse ab (Schaffhausen, Eglisau), während vier FAH die zweithöchste Klassierung erhielten (Säckingen, Rheinfelden, Augst und Birsfelden). Darunter befinden sich zwei Anlagen (Rheinfelden und Augst), welche erst vor kurzem gebaut worden sind. Sie entsprechen weitgehend dem neusten Wissensstand.

Tab. 11 > Dimensionierung und hydraulische Kenngrössen der verschiedenen FAH des Hochrheins

Die Masse der Becken, Kronenausschnitte und Schlupflöcher wurden aus (Staub & Gerster 1992) übernommen \textcircled{D} . Die übrigen Parameter wurden im Jahr 2005 vor Ort gemessen (Fließgeschwindigkeiten, Wasserhöhe Kronenausschnitt) oder aus den Ergebnissen der Messungen abgeleitet (Abfluss, Leistungsdichte).

KW/FAH	Schaffhausen W l	Eglisau MP	Reckingen W l	Reckingen MH r	Albruck-Dogern W l	Albruck-Dogern MH l	Laufenburg W r	Laufenburg MH l	Säckingen MH r	Ryburg-Schwörstadt MP	Rheinfelden W r	Augst MH r	Wyhlen MH (BP) r	Wyhlen W (Lift) r	Birsfelden W r
Kronenausschnitt Breite [m] \square	0.20	0.20	0.35	0.35	1.00	1.00	2.60	0.56	0.25	2.00	0.33*		3.00		0.60
Kronenausschnitt Höhe [m] \square	0.20	0.20	0.38	0.40	0.22	0.15	0.10	0.32	0.25	0.12	0.90*		0.14		0.30
V_{\min} Kronenausschnitt [m/s]	0.59	1.84	1.07	0.58	0.55	0.71	0.98	0.98	0.23	0.93	0.14*	0.00	0.78		1.28
V_{\min} Schlupfloch [m/s]	0.86	2.67	1.28	0.91	0.98	0.95	0.52	1.56	1.10	1.52	0.14	0.13	1.48		0.97
Q_{FAH} [m ³ /s]	0.12	0.35	0.44	0.44	0.32	0.23	0.40	0.45	0.21	0.40	0.61	0.42	0.47	1.20	0.56
$Q_{\text{Leitströmung}}$ [m ³ /s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	1.00	0.00	0.00	0.00
Q_{tot} [m ³ /s]	0.12	0.35	0.44	0.44	0.32	0.23	0.40	0.45	0.21	0.40	1.71	1.42	0.47	1.20	0.56
Höhendifferenz Becken [m]	0.15	0.61	0.25	0.35	0.20	0.20	0.18	0.31	0.16	0.31	0.17	0.20	0.20		0.25
Schlupfloch Breite [m] \square	0.20	0.30	0.35	0.35	0.30	0.30	0.23	0.45	0.30	0.35	0.33*	0.30	0.20		0.60
Schlupfloch Höhe [m] \square	0.30	0.30	0.50	0.50	0.20	0.20	0.28	0.28	0.40	0.25	0.90*	1.50	0.30		0.40
Länge Becken [m] \square	1.10	2.00	1.60	1.60	0.90	1.70	2.70	2.00	1.80	1.90	2.50	2.10	3.00		2.50
Breite Becken [m] \square	0.80	2.40	1.60	1.60	1.00	1.00	1.40	2.60	1.80	2.00	3.00	1.80	3.00		2.50
Wassertiefe Becken [m] \square	1.60	1.50	1.50	1.50	0.70	0.74	2.00	2.00	2.00	0.90	0.80	1.20	1.00		2.00
V_{\max} Kronenausschnitt	1.84	2.36	1.65	1.85	1.39	1.18	1.43	1.46	1.49	1.23	1.14*	1.19	1.07		1.59
V_{\max} Schlupfloch	1.63	3.27	1.62	1.83	1.34	1.49	1.62	1.91	1.35	2.19	1.54*	1.19	1.92		1.41
Leistungsdichte [W/m ³]	130	288	284	391	1'003	353	94	130	50	353	149	190	103		132
Mittelwert Bewertung	1.4	1.3	1.9	1.7	1.9	2.0	2.4	2.1	2.9	1.9	2.7	2.4	2.3		2.7

Legende Bewertung (gemäss Schwevers 2005)

Klasse A	Klasse B	Klasse C
Klasse D	Klasse E	

Raugerinne Rheinfelden * = linker; * = rechter Durchgang. Bewertung der Ergebnisse nach Schwevers et al. (2005).

3.12 **Beurteilung der einzelnen FAH anhand des Fischaufstiegs**

3.12.1 **Artenzahl**

Vorkommen im Unterwasser

Im Unterwasser des Kraftwerks Schaffhausen wurde mit 14 einheimischen Arten die geringste Artenzahl festgestellt. Dies ist durch die geringe Ausdehnung der Strecke (3 km), die teilweise harte Verbauung der natürlicherweise steilen Uferböschungen (Maurer et al. 2002) und den zu einem beachtlichen Teil felsigen Untergrund erklärbar (Abb. 44). In dieser Strecke wurden auch keine vom Aussterben bedrohten oder stark gefährdeten Arten nachgewiesen. Im Unterwasser des Staus Ryburg-Schwörstadt kommen mit 18 Spezies ebenfalls nur relativ wenig einheimische Arten vor, darunter nur eine gefährdete und eine stark gefährdete Art (Abb. 44).

In allen übrigen Stauhaltungen konnten über 20 Fischarten nachgewiesen werden, mit teilweise bis zu sechs Spezies aus den Kategorien «gefährdet», (Äsche, Karpfen, Schneider, Strömer), «stark gefährdet» (Bachneunauge) oder «vom Aussterben bedroht» (Nase).

Die meisten einheimischen Fischarten (28) lebten im Unterwasser der Kraftwerke Reckingen, Albruck-Dogern und Augst-Wyhlen (Abb. 44). Die ersten beiden genannten Abschnitte beherbergten auch die höchste Zahl von Arten aus den Kategorien «gefährdet», «stark gefährdet» oder «vom Aussterben bedroht».

Vorkommen in der FAH

Das Bild in den Aufstiegszählungen weicht zum Teil sehr stark ab vom Fischbestand, der potenziell aufsteigen könnte. Dies ist zum Teil methodisch bedingt: Das stark gefährdete Bachneunauge, welches doch in einigen Stauhaltungen nachgewiesen werden konnte (Abb. 44), wurde in keiner FAH beim Aufstieg festgestellt. Die schlangenförmige Art, welche weniger als 20 cm Totallänge erreicht, kann auch als ausgewachsenes Tier die Gitter aller Kontrollreusen durchschwimmen. Ähnliches gilt für die Dorngrundel, Schmerle und die Elritze.

Abgesehen von diesen Ausnahmen kamen zahlreiche Arten nicht im Aufstieg vor, welche mit den eingesetzten Reusen erfasst werden sollten. So stiegen beim Kraftwerk Eglisau von den 25 im Unterwasser vorhandenen einheimischen Fischarten lediglich deren 2 auf (Abb. 45), Bachforelle und Barbe. Auch beim Kraftwerk Albruck-Dogern waren es von insgesamt 21 im Unterwasser vorkommenden Arten nur je 5, die die FAH beim Wehr und beim Maschinenhaus überwinden konnten. Auch beim Kraftwerk Schaffhausen schafften von insgesamt 14 einheimischen Arten lediglich deren 5 den Aufstieg. Beim Kraftwerk Eglisau konnte keine einzige Art der Kategorien «gefährdet», «stark gefährdet» oder «vom Aussterben bedroht» nachgewiesen werden, bei den Kraftwerken Schaffhausen und Albruck-Dogern war es jeweils nur eine einzige.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass viele Anlagen von beachtlich vielen Fischarten als Wandermöglichkeit angenommen werden. So konnten beim Kraftwerk Säckingen insgesamt 20 verschiedene Arten nachgewiesen werden, darunter je 1 vom Aussterben bedrohte, 5 gefährdete und 4 potenziell gefährdete Arten. Auch die FAH in Rheinfelden, Wyhlen (Beckenpass) und Birsfelden fielen durch hohe Artenzahlen auf.

Misst man den Fischaufstieg an der Artenzahl im Unterwasser, fiel das Kraftwerk Säckingen sehr positiv auf: Über 95 % der im Unterwasser vorkommenden Arten konnten im Fischaufstieg nachgewiesen werden, was im internationalen Vergleich beachtlich ist (Abb. 46). Auch der Anteil der Rote-Liste-Arten, welche den Aufstieg schafften, war bei diesem Kraftwerk mit über 90 % sehr hoch. Die Kraftwerke Eglisau und Albruck-Dogern schnitten wiederum am schlechtesten ab. Das Kraftwerk Schaffhausen erhielt auf Grund des bereits geringen Potenzials (geringen Artenzahl und geringe Zahl bedrohter Arten im Unterwasser) etwas bessere Wertungen (Abb. 46).

Abb. 44 > Anzahl Fischarten im Unterwasser der Hochrheinkraftwerke nach ihrem Gefährdungstatus

Nur einheimische Fischarten

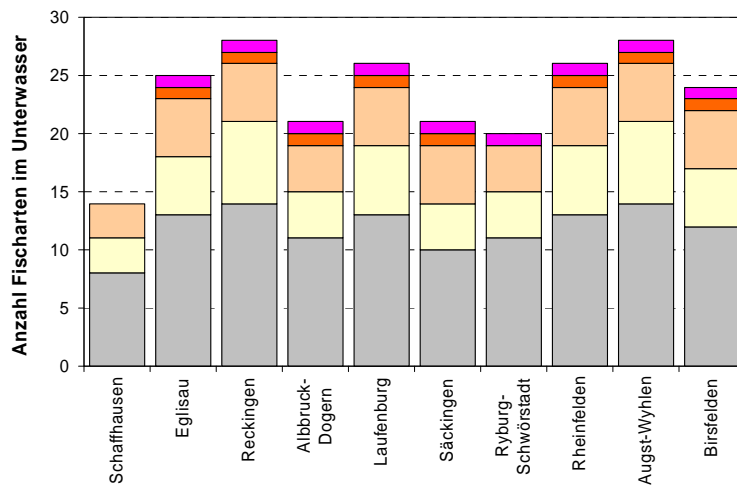


Abb. 45 > Anzahl Fischarten in den FAH nach ihrem Gefährdungsstatus

Nur einheimische Fischarten

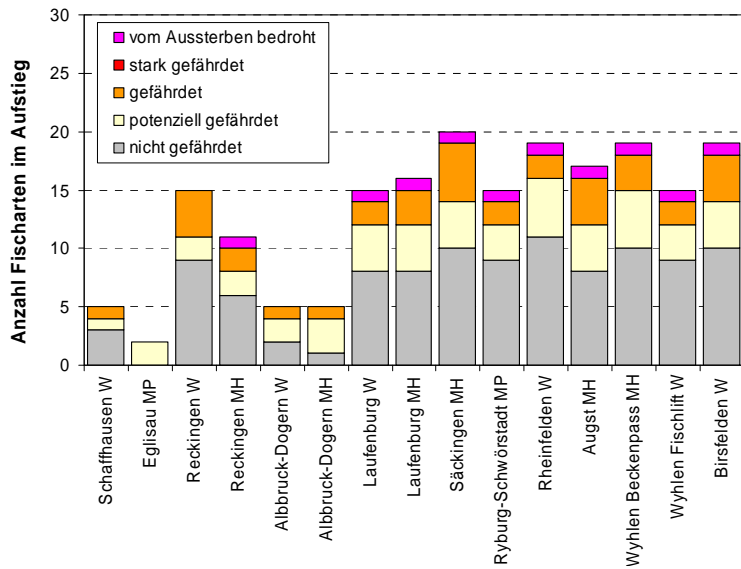
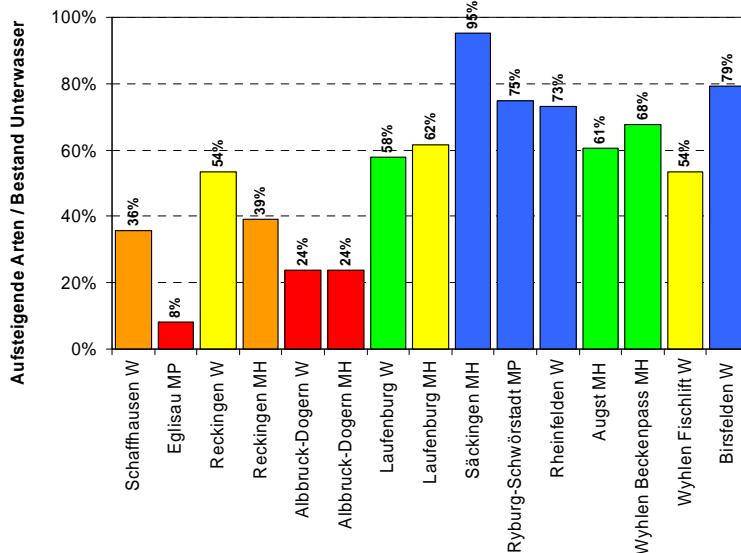


Abb. 46 > Quotient zwischen der Anzahl aufsteigender Fischarten und der Artenzahl im Unterwasser der Kraftwerke

100 % = Anzahl Arten im Unterwasser



3.12.2 Aufstieg von Kleinfischarten (Schneider)

Falls die Wanderbedingungen durch zu hohe Fliessgeschwindigkeiten oder Turbulenzen beeinträchtigt werden, äussert sich das in einer Untervertretung kleiner und

schwimmschwacher Fische. Kleinfischarten fehlen in einem solchen Fall ganz oder sind gegenüber ihrem Vorkommen im Unterwasser klar untervertreten. Der Schneider als Art, welche im Hochrhein zwischen Schaffhausen und Basel durchgehend vorkommt und mit allen eingesetzten Kontrollreusen erfasst werden kann, eignet sich sehr gut für die Prüfung der verschiedenen FAH betreffend Auffindbarkeit und Passierbarkeit für Kleinfische.

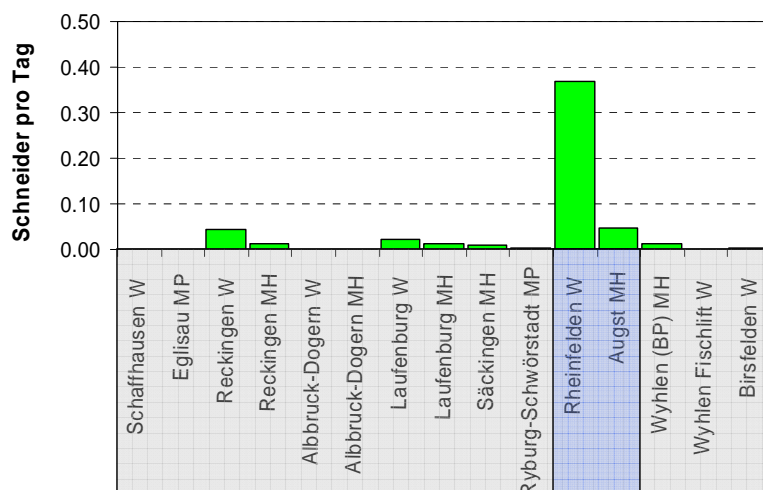
Zwei FAH fielen durch gemessen an den übrigen Anlagen hohe Aufstiegsfrequenzen des Schneiders auf, der Vertikalschlitzpass Augst und der Raugerinnebeckenpass Rheinfelden. Beide FAH sind im Gegensatz zu den übrigen FAH mit einer natürlichen Sohle ausgestattet (Abb. 47). Auch an der Aare stiegen in den FAH mit natürlicher Sohle am meisten Schneider auf, allerdings in weitaus höheren Frequenzen als am Hochrhein (Abb. 23). Drei weitere FAH mit natürlicher Sohle, die Vertikalschlitzpässe der Kraftwerke Aarberg und Niederried (Büsser 2000) und der im März 2007 neu in Betrieb genommene Raugerinnebeckenpass beim Wehr Schönenwerd, Kraftwerk IB Aarau (pers. Mitt. St. Gerster) fielen ausnahmslos durch hohe Aufstiegsfrequenzen des Schneiders auf.

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass der Aufstieg dieser gefährdeten Kleinfischart durch das Einbringen von Kiessubstrat gefördert werden kann. Die Reduktion der Fliessgeschwindigkeit in Sohlennähe kann als wahrscheinlichste Ursache angenommen werden. Einbetonierte Steine eignen sich hingegen nicht, wie die Zählung im Vertikalschlitzpass beim Kraftwerk Beznau zeigten (Guthruf 2006b).

Zur Ausgestaltung mit einer Kiessohle eignen sich nicht alle FAH-Typen: Sehr gut eignen sich naturnahe Umgehungsgewässer, Raugerinne-Beckenpässe und Vertikalschlitzpässe. Beckenpässe mit Schlupflöchern sind dagegen eher ungeeignet, da der Kies ins Rollen geraten und die Schlupflöcher verstopfen kann.

Abb. 47 > Mittlerer Tagesaufstieg des Schneiders in den FAH des Hochrheins

Blau hinterlegte FAH sind mit einer Kiessohle ausgestattet, grau hinterlegte nicht.



3.12.3 Längenverteilung der Barben

Die Barbe ist eine der Arten, welche bei den obersten vier Kraftwerken hauptsächlich am Fischaufstieg beteiligt ist. Dadurch kommen genügend Datenpunkte zusammen, um Aussagen über Längenklassen zu machen, welche am Aufstieg untervertreten sind oder gänzlich ausgeschlossen werden. Um den Aufwand in einem für die Zählenden verkraftbaren Rahmen zu halten, wurde pro Tag und Art jeweils nur der längste und der kürzeste Fisch gemessen.

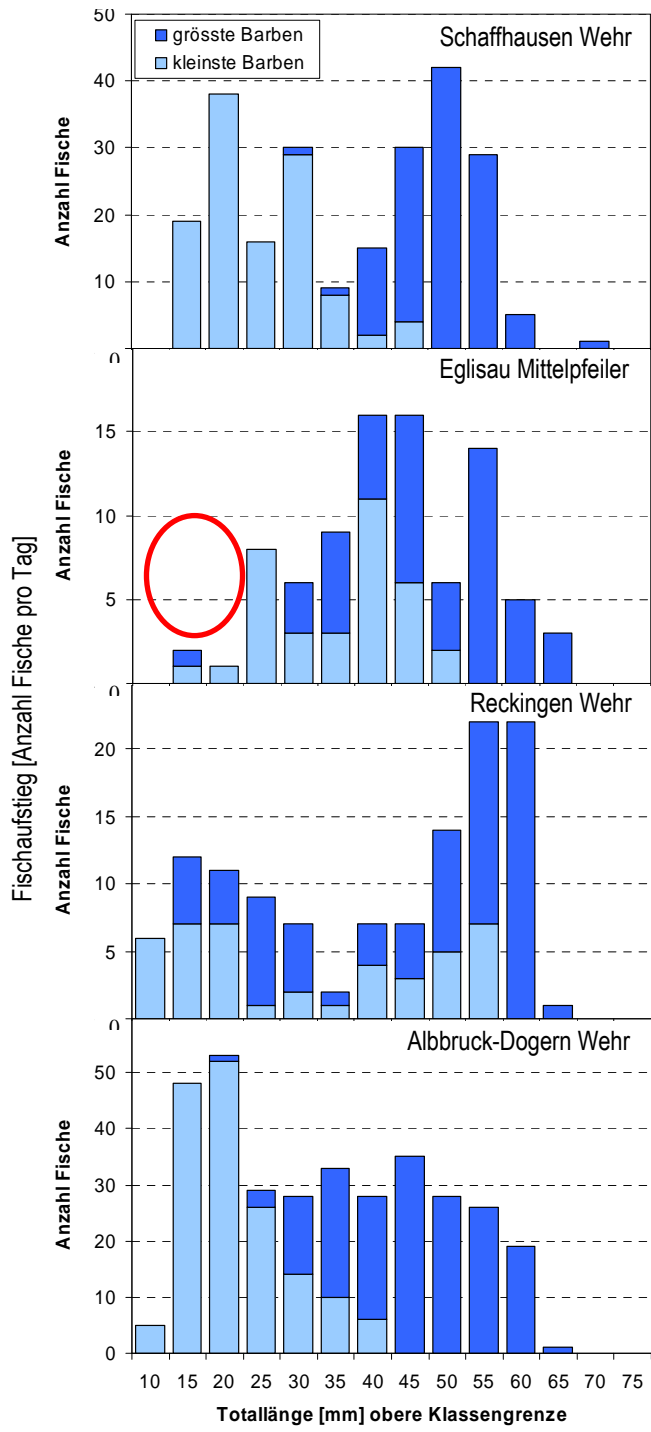
Vertretung von grossen Barben im Fischaufstieg

Bei allen abgebildeten FAH stiegen grosse Tiere (bis 73 cm Totallänge) auf. Beim Kraftwerk Schaffhausen war die grösste, stark am Aufstieg beteiligte Längenklasse zwischen 50 und 55 cm. Bei den restlichen drei beurteilten Anlagen waren zwei weitere Längenklassen (55–60 und 60–65 cm) massgeblich am Aufstieg beteiligt (Abb. 48). Dies ist ein Hinweis, dass in Schaffhausen grössere Barben am Aufstieg behindert werden. Zur sicheren Bestätigung dieser Vermutung müsste allerdings die Längenverteilung des Barbenbestandes im Unterwasser bekannt sein.

Vertretung von kleinen Barben im Fischaufstieg

Die Zusammensetzung der kleinen Barben im Fischaufstieg zeigt dagegen ein deutlich klareres Bild: Während die Längenklassen von 10–15 cm und von 15–20 cm Länge bei den meisten Anlagen massgeblich am Aufstieg beteiligt waren, fehlten diese beim Kraftwerk Eglisau praktisch vollständig. Auch wenn in den einzelnen Stauhaltungen kein Längenspektrum aufgenommen wurde, erscheint es doch unwahrscheinlich, dass diese Längenklassen in allen Stauhaltungen vorhanden sind und nur unterhalb des Kraftwerks Eglisau fehlen (Abb. 48). Auch die technischen Daten sprechen dafür, dass kleine Fische in der FAH Eglisau am Aufstieg gehindert werden (Kapitel 3.11). In den drei anderen Kraftwerken war die Höhendifferenz zwischen den einzelnen Becken bedeutend geringer: Schaffhausen 15 cm; Reckingen Maschinenhaus 17 cm; Albruck-Dogern Wehr 20 cm. Das Defizit mit den hohen Fließgeschwindigkeiten dürfte auch für die sehr geringe Anzahl aufsteigender Fische, die äusserst geringe Artenzahl sowie für das Fehlen von Kleinfischarten verantwortlich sein.

Abb. 48 > Längenverteilung der grössten (dunkelblaue Säulen) und der kleinsten Barbe (hellblaue Säulen), die jeweils pro Tag aufgestiegen ist für die FAH der Kraftwerke Schaffhausen, Eglisau, Reckingen und Albruck-Dogern



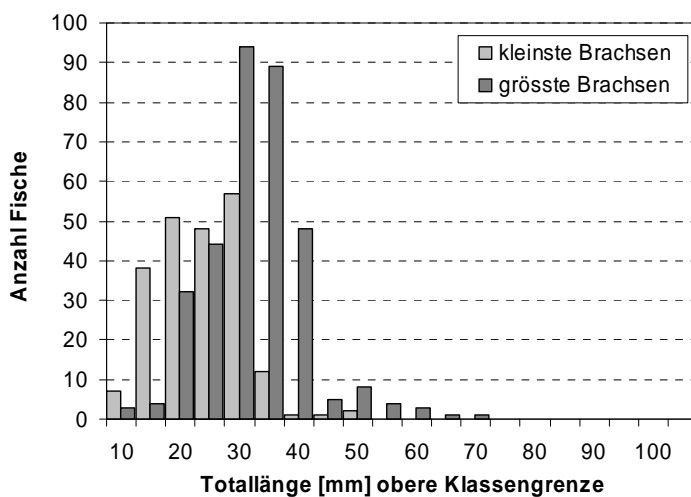
X-Achse: Längenklassen, obere Klassengrenze. 65 bedeutet: Barben im Längenbereich von 61–65 cm.

3.12.4 Grosswüchsige Fischarten im Fischaufstieg

Grosswüchsige Fischarten wie Hecht, Wels, Karpfen und Brachsen sind einerseits auf eine bestimmte Mindestgrösse der Kronenausschnitte, Schlupflöcher, oder Schlitze angewiesen, Hechte reagieren zudem besonders empfindlich auf zu hohe Turbulenzen in den Becken (Schwevers et al. 2005). Da die entsprechenden Fischarten im Unterwasser der meisten FAH vorkommen, sind sie grundsätzlich für einen Vergleich der Anlagen geeignet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Karpfen, Brachsen und Wels zwischen Kraftwerk Schaffhausen und Rheinfall nicht nachgewiesen sind.

Abb. 49 > Längenverteilung der Brachsen in allen FAH des Rheins

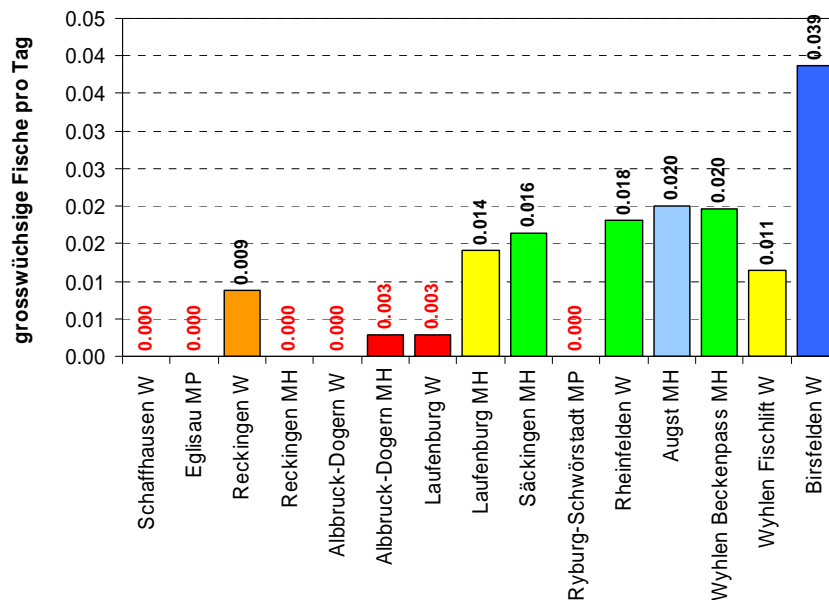
Pro Reusenleerung und pro FAH wurde jeweils die Länge des grössten und des kleinsten Fisches aufgenommen.



Die in den FAH mit Abstand häufigste dieser vier Arten ist mit 2571 Individuen der Brachsen. Die Längenverteilung jedoch zeigt, dass über 95 % der registrierten Fische weniger als 40 cm lang waren (Abb. 49). Aus diesem Grund eignet sich die Art nicht besonders für die Beurteilung der Fischpässe hinsichtlich ihrer Passierbarkeit für grosswüchsige Arten und wird deshalb nicht berücksichtigt.

Abb. 50 > Mittlerer Tagesaufstieg grosswüchsiger Fischarten (Hecht, Karpfen, Wels) in den FAH der Hochrheinkraftwerke im Zeitraum vom 1.4.2005–31.3.2006

Beim Kraftwerk Rheinfelden wurde von 10.7.2005 bis 9.7.2006 gezählt.



Hecht, Wels und Karpfen waren jeweils nur als Einzelexemplare am Fischeaufstieg beteiligt (Abb. 50). Der Vergleich mit dem naturnahen Umgebungsgewässer des Kraftwerks Ruppoldingen, welches innerhalb von nur 12 Tagen von 13 Tieren dieser Artengruppe passiert wurde, zeigt die Grössenordnung einer möglichen Wanderung, wenn den Fischen mehr Raum zur Verfügung steht (Guthruf 2006b). Dass Hechte im Verlauf ihres Lebenszyklus zum Teil ausgedehnte Wanderungen unternehmen konnten Ovidio & Philippart (2002) eindrücklich zeigen: Auf ihren Laichwanderungen von bis zu 20 km Länge überwandene Hechte mehrere Hindernisse.

Im Quervergleich schnitt Birsfelden (7 Karpfen, 2 Welse) am besten ab, gefolgt vom Beckenpass Wyhlen, Augst, Rheinfelden und Säckingen. Die Grösse der aufsteigenden Fische (Hechte bis 90 und Welse bis 130 cm Länge) spricht eher dafür, dass nicht die Dimensionierung der Schlupflöcher, sondern der ganzen Anlage (Beckengrösse, Abfluss) für die geringe Aufstiegszahl verantwortlich sein dürfte. Zudem kann der Natürlichkeitsgrad eine wichtige Rolle spielen.

In fünf FAH (Schaffhausen, Eglisau, Reckingen Maschinenhaus, Albruck-Dogern Wehr, Ryburg-Schwörstadt) war kein einziges Exemplar dieser Arten aufgestiegen. Die Ergebnisse der Zählungen in den Jahren 1985 und 1995 fielen diesbezüglich sehr ähnlich aus (Staub & Gerster 1992; Gerster 1998a).

3.12.5 Zeitliche Limitierung des Fischaufstiegs

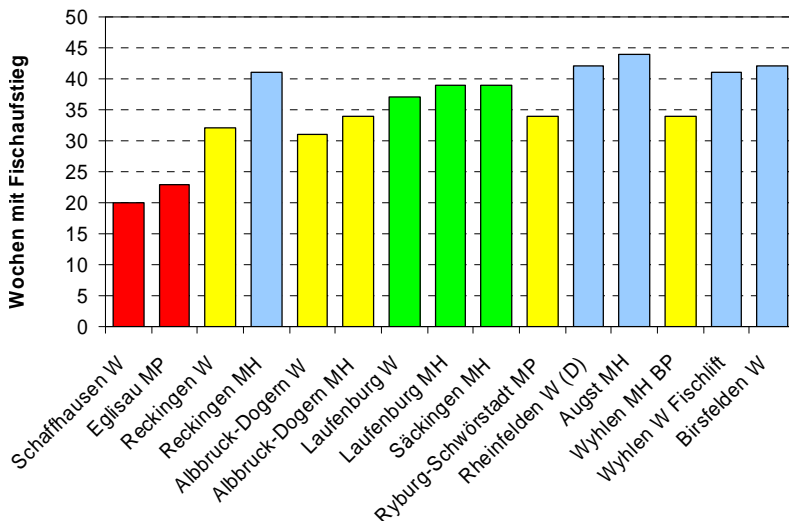
Da Fischwanderungen sich nicht auf einzelne Jahreszeiten beschränken, sollte die Auffindbarkeit und Durchwanderbarkeit einer FAH während mindestens 300 Tagen im Jahr gewährleistet sein (Schwevers & Adam 2006). Bei den verschiedenen FAH wurde deshalb geprüft, an wie vielen Wochen im Untersuchungsjahr Fische aufgestiegen sind.

Die Ergebnisse variierten von FAH zu FAH sehr stark, wobei die Periode mit Fischaufstieg bei den Kraftwerken Eglisau (FAH im Winter ausser Betrieb, Winterschliessungsrecht) und Schaffhausen mit Abstand am kürzesten war. FAH, bei denen Wanderungen nur während 20 bzw. 23 Wochen im Jahr möglich sind, was 38 bzw. 43 % des Jahres entspricht, beschränken die freie Fischwanderung sehr empfindlich. In beiden Fällen liegt ein relativ grosses Defizit vor.

Am längsten dauerte die Aufstiegsphase dagegen bei den beiden FAH mit natürlichem Sohlensubstrat (Rheinfelden und Augst). Auch der Beckenpass beim Maschinenhaus des Kraftwerks Reckingen, der Fischlift Wyhlen sowie der Beckenpass bei Birsfelden wurden während über 40 Wochen im Jahr frequentiert. Auch diese Anlagen fielen durch relativ geringe Fliessgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern bzw. beim Einstieg (Fischlift) auf. Es ist anzunehmen, dass die Fische wegen der reduzierten Fliessgeschwindigkeit in Sohlennähe (Tab. 11) die Anlagen auch bei tiefen Temperaturen und entsprechend reduzierter Schwimmleistung noch überwinden können, dies im Gegensatz zu den übrigen Anlagen. Die Abhängigkeit der Muskelleistung der Fische von der Wassertemperatur ist ein bekanntes Phänomen (Wardle 1980, Beach 1984 zit in Ovidio & Philippart 2002), Geht man davon aus, dass eine FAH nach Schwevers & Adam (2006) während mindestens 300 Tagen auffindbar und passierbar sein sollte, was 82 % des Jahres entspricht, so liegen die beiden besten Anlagen mit 79 bzw. 83 % in dieser Grössenordnung (Abb. 51).

Abb. 51 > Anzahl Wochen pro Jahr, an denen in den verschiedenen FAH in den Monaten April 2005 bis und mit März 2006 Fische aufgestiegen sind

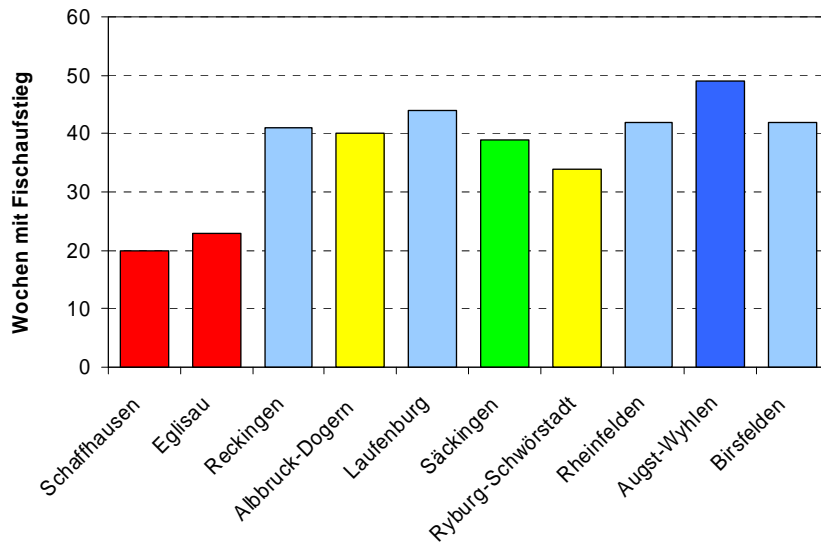
Rheinfelden: 10. Juli 2005–09. Juli 2006



Da verschiedene Staustufen mit mehr als einer FAH ausgerüstet sind, wurde die gleiche Berechnung pro Staustufen ausgeführt. Dabei ist erkennbar, dass sich die 2 oder 3 Anlagen ergänzen: Der Summenwert lag bei allen Kraftwerken eine Klasse höher als der Wert der besten FAH. Mit Abstand am besten schnitt die Staustufe Augst-Wyhlen ab, welche mit drei FAH ausgerüstet ist. Ebenfalls auf gute Ergebnisse kamen die Staustufen Reckingen, Laufenburg, Rheinfelden und Birsfelden (Abb. 52). Wie bereits erwähnt waren zwei FAH Eglisau und Reckingen Wehr im Winter ausser Betrieb (Winterschliessungsrecht).

Abb. 52 > Anzahl Wochen pro Jahr, an denen bei den verschiedenen Kraftwerken in den Monaten April 2005 bis und mit März 2006 Fische aufgestiegen sind

Rheinfelden: 10. Juli 2005–09. Juli 2006

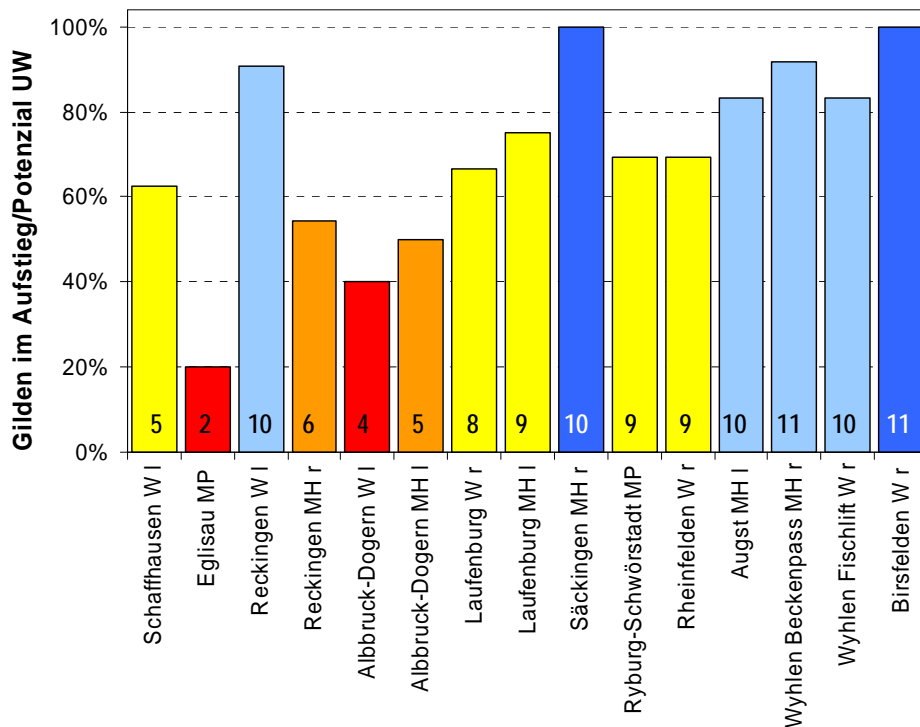


3.12.6 Strömungsgilden

Die Zahl der Strömungsgilden kann auch für die Beurteilung der einzelnen FAH beigezogen werden, wobei die einzelnen Gilden nach ihren Präferenzen für Strukturen in zusätzliche Gruppen unterteilt werden (Zauner et al. 2001).

Abb. 53 > Strömungsgilden in den einzelnen FAH, ausgedrückt als Prozentanteil des Potenzials im Unterwasser

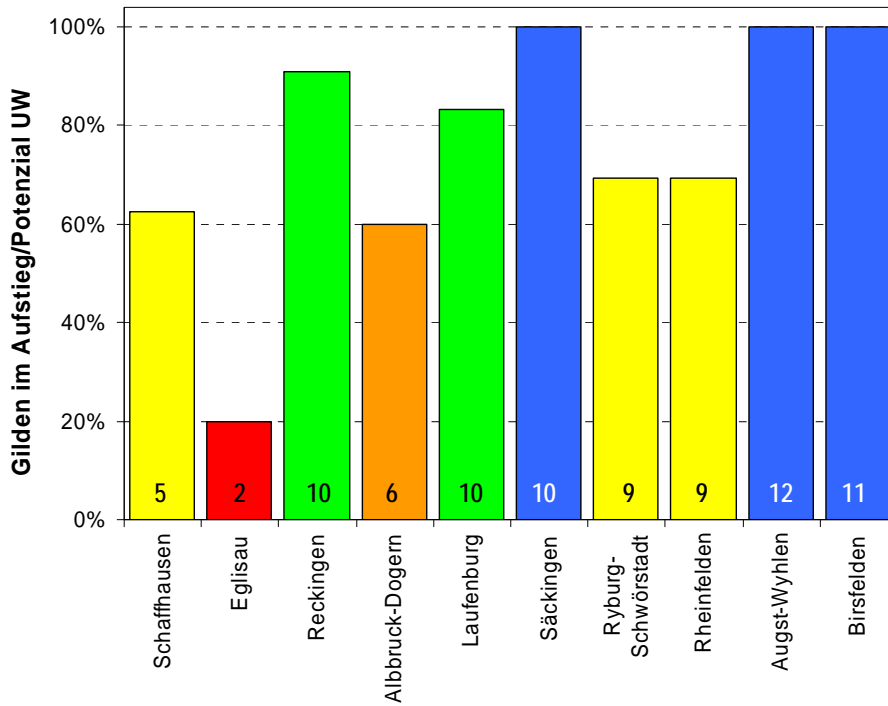
Zahlen an der Säulenbasis: Anzahl der am Aufstieg beteiligten Gilden



Die Resultate variieren von FAH zu FAH sehr stark: Die Staustufe Eglisau konnte lediglich von zwei Gilden überwunden werden, beide aus der Kategorie der rheophilen Arten, welche an hohe Fliessgeschwindigkeiten gewöhnt sind. 80% der im Unterwasser vorkommenden Gilden konnten das Hindernis nicht überwinden (Abb. 53), darunter vor allem schlechte Schwimmer und Stillwasserarten. Das Kraftwerk Eglisau muss trotz der bestehenden FAH als Hindernis für die meisten Fischarten oder Artengruppen betrachtet werden. Auch die maschinenhausseitige FAH beim Kraftwerk Reckingen und beide Anlagen beim Kraftwerk Albruck-Dogern waren nur für einen geringen Prozentsatz der im Unterwasser vorkommenden Gilden überwindbar. Fasst man bei den Staustufen mit mehreren Aufstiegsmöglichkeiten alle FAH zusammen, so müssen neben Eglisau auch die Kraftwerke Schaffhausen und Albruck-Dogern als teilweise unpassierbar taxiert werden (Abb. 54). Erfreulich ist, dass doch bei den drei Staustufen Säckingen, Augst-Wyhlen und Birsfelden alle im Unterwasser vorkommenden Gilden auch im Aufstieg anzutreffen waren (Abb. 54).

Abb. 54 > Strömungsgilden, die die einzelnen Staustufen überwinden können, ausgedrückt als Prozentanteil des Potenzials im Unterwasser

Zahlen an der Säulenbasis: Anzahl der am Aufstieg beteiligten Gilden.



3.12.7 **Gesamt-Bewertung der FAH und Staufufen anhand des Fischaufstiegs**

Bewertung der einzelnen FAH

Bei der Gesamtbewertung erreicht die FAH beim Kraftwerk Eglisau mit Abstand den tiefsten Durchschnittswert (Tab. 12). Von 6 beurteilten Parametern lagen lediglich zwei (Anzahl Fische pro Tag, kleine Fische) über dem Tiefstwert, wurden aber immer noch als ungenügend bzw. schlecht eingestuft (Tab. 13). Diese Bewertung macht die grossen Defizite der FAH deutlich. Das Defizit ist besonders gravierend, da die FAH die einzige Anlage des Kraftwerks ist. In der heutigen Situation muss deshalb das Kraftwerk Eglisau als weitgehend unpassierbar eingestuft werden¹. Im Rahmen der neuen Konzession sind zwei neue Fischwege geplant, ein Fischpass am linken und ein Fischlift am rechten Ufer.

Tab. 12 > Gesamtbewertung Fischaufstieg

gewichtetes Mittel Tab. 10–11

	Schaffhausen W L	Eglisau MP	Reckingen W L	Reckingen MHR	Albruck-Dogern W L	Albruck-Dogern MH L	Laufenburg W R	Laufenburg MHL	Säckingen MHR	Ryburg-Schwörstadt MP	Rheinfelden W R (RGBP)	Augst MH L (VSP)	Wyhlen Beckenpass MHR	Wyhlen Fischlift W R	Birsfelden W R
Bewertung Mittelwert (einzelne FAH)	0.80	0.40	1.80	1.50	1.50	0.90	1.50	1.70	2.20	1.90	4.00	3.40	2.40	1.90	3.40
Bewertung Mittelwert (Staufufen)	0.80	0.40	2.60		2.00		2.40		2.20	1.90	4.00	4.30			3.40

Lage FAH: W = Wehr, MH = Maschinenhaus, MP = Mittelpfeiler. Typ., RGBP = Raugerinne-Beckenpass, UG = naturnahes Umgehungsgewässer, VSP = Vertikalschlitzpass, keine Angaben in Klammern = Beckenpass

¹ Die Wanderung via Schiffsschleuse wird dabei ausgeklammert, da über das Ausmass der Wanderungen im Jahr 2005/06 keine Angaben vorliegen. Diese Aufstiegsmöglichkeit wurde im Jahr 2003 untersucht (Kirchhofer 2005).

Tab. 13 > Bewertung der verschiedenen FAH nach dem Fischaufstieg, Einzelwerte

	Anz. Fische/Tag	% aufsteigende Arten	Anz. gefährdete Arten (1-3)	Anz. Schneider / Tag	Fische ? 15 cm	Anz. grosse Fische/Tag	Fischaufstieg [Wochen]
Kraftwerk							
Schaffhausen Wehr L	4	0	0	0	0	0	0
Eglisau Mittelpfeiler	1	0	0	0	2	0	0
Reckingen Wehr L	2	1	3	1	5	1	2
Reckingen Maschinenhaus R	3	0	2	0	1	0	4
Albruck-Dogern Wehr L	5	0	0	0	1	0	2
Albruck-Dogern Maschinenhaus L	0	0	0	0	5	0	2
Laufenburg Wehr R	1	2	2	1	1	0	3
Laufenburg Maschinenhaus L	1	3	3	0	1	2	3
Säckingen Maschinenhaus R	1	5	5	0	1	3	3
Ryburg-Schwörstadt Mittelpfeiler	2	5	2	0	1	0	2
Rheinfelden Wehr R (RGBP)	2	5	2	5	5	3	4
Augst Maschinenhaus L (VSP)	4	3	4	2	5	3	4
Wyhlen Beckenpass Maschinenhaus R	3	4	3	0	3	3	2
Wyhlen Fischlift Wehr R	1	1	2	0	5	2	4
Birsfelden Wehr R	5	5	4	0	1	5	4

Bewertung	Anz. Fische pro Tag	% aufsteigende Arten ⁽¹⁾	Anz. gefährdete Arten ⁽²⁾	Anz. Schneider pro Tag	kleine Fische (<15cm) ⁽³⁾	grosse Fische pro Tag ⁽⁴⁾	Fischaufstieg während
5 sehr gut	> 30	> 70	6	> 0.3	> 30%	>0.025	> 45 Wochen
4 gut	20-30	65-70	5	0.2-0.3	25-30%	0.02 - 0.025	41-45 Wochen
3 genügend	10-20	60-65	4	0.1-0.2	20-25%	0.015 - 0.02	36-40 Wochen
2 ungenügend	5-10	55-60	3	0.05-0.1	15-20%	0.01- 0.015	31-35 Wochen
1 schlecht	1-5	50-55	2	0.01-0.05	10-15%	0.005 - 0.01	26-30 Wochen
0 sehr schlecht	< 1	? 50	< 2	? 0.01	? 10%	? 0.005	? 25 Wochen
Gewichtung (Mittel)	1.0	1.0	0.0	1.0	0.5	0.5	1.0

⁽¹⁾ Anzahl aufsteigender Arten/Anzahl im Unterwasser vorkommender Arten [%];

⁽²⁾ Anzahl gefährdete Arten CH (Status 1-3; vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet);

⁽³⁾ Prozent Fische ≤ 15 cm (grösste und kleinste Fische pro Art und Tag gepoolt);

⁽⁴⁾ Grosse Fische pro Tag = Summe gross wachsender Arten (Hecht, Karpfen, Wels).

Lage der FAH: W = Wehr, MH = Maschinenhaus, MP = Mittelpfeiler. Typ., RGBP = Raugerinne-Beckenpass, UG = naturnahes Umgehungsgewässer, VSP = Vertikalschlitzpass, keine Angaben in Klammern = Beckenpass

Auch die Beckenpässe der Kraftwerke Schaffhausen und Albruck-Dogern (Maschinenhaus) erreichten sehr tiefe Durchschnittswerte. Den mit Abstand höchsten Durchschnitt erzielte der Raugerinne-Beckenpass beim Kraftwerk Rheinfelden (Tab. 12). Zwei weitere Anlagen, der Vertikalschlitzpass beim Kraftwerk Augst und der Beckenpass beim Kraftwerk Birsfelden fielen sehr positiv auf. Bei zwei dieser drei bestbewerteten FAH handelt es sich um vor kurzem gebaute Anlagen, welche im Unterschied zu allen übrigen mit einer natürlichen Kiessohle ausgerüstet sind. Zudem gehören die FAH Rheinfelden und Augst zu den drei Anlagen mit der höchsten Dotierwassermengen-

ge. Die dritte neu erstellte Anlage, der Fischlift beim Kraftwerk Wyhlen erreichte dagegen eine vergleichsweise tiefe Bewertung, welche hauptsächlich in einer geringen Aufstiegsfrequenz und einer gemessen am Bestand im Unterwasser niedrigen Artenzahl begründet ist. Bezüglich des Anteils kleiner Fische und der Anzahl Wochen mit Fischaufstieg schnitt die FAH sehr gut bzw. gut ab (Tab. 13). Die geringe Aufstiegszahl dürfte primär mit der ungünstigen Lage des Einstiegs zusammenhängen, indem die Mehrzahl der Fische den Weg via Uferlinie wählte und so über den Vertikalschlitzpass Augst und den Beckenpass Wyhlen aufstiegen.

Diese Bewertung bestätigt, dass die neuen FAH gegenüber den alten besser abschneiden und dass die Neuerungen (insbesondere Kiessohle und höhere Dotierung) nicht ohne Erfolg sind. Der Fischlift Wyhlen zeigt aber klar auf, dass die Lage des Einstiegs von zentraler Bedeutung ist. Der Beckenpass beim Kraftwerk Birsfelden erreichte vor allem auf Grund der relativ hohen Prozentzahlen aufsteigender Arten und der hohen Gesamtaufstiegsfrequenz eine hohe Durchschnittswertung (Tab. 12). Bei der Anlage werden aber schwache Schwimmer und sohlenorientierte Arten stark benachteiligt, was in der sehr geringen Frequentierung durch den Schneider und durch weniger als 15 cm lange Fische zum Ausdruck kommt (Tab. 13). Ungeachtet des relativ hohen Durchschnittswertes muss die Längenselektivität dieser FAH als schwerwiegendes Defizit betrachtet werden.

Bewertung nach Staustufen

Da einige Kraftwerke mit mehreren FAH ausgerüstet sind, wurden jedes Kraftwerk einer Bewertung unterzogen, indem die Zahl der aufsteigenden Fische aller FAH addiert und bewertet wurde. Dabei schnitten wiederum die Staustufen Augst-Wyhlen und Rheinfelden am besten ab gefolgt von Birsfelden (Tab. 12). Wie bereits oben erwähnt, wird der hohe Durchschnittswert bei Birsfelden durch eine sehr hohe Längenselektivität (Schneider und kleine Fische) relativiert (Tab. 14).

Die tiefsten Durchschnittswerte erhielten Eglisau und Schaffhausen. Da beide Kraftwerke nur mit einer FAH ausgerüstet sind, entspricht die Gesamtbewertung der Einzelbewertung. Auch wenn beim Kraftwerk Schaffhausen sehr viele Barben den Aufstieg schaffen, so sind auf Grund der sehr hohen Arten- und Längenselektivität sowie der hohen zeitlichen Limitierung deutliche Defizite auszumachen.

Das Kraftwerk Albruck-Dogern konnte sich im Vergleich zu den einzelnen Anlagen um einen halben Punkt verbessern, lag aber immer noch sehr tief. Beim Kraftwerk Laufenburg lag die Bewertung beider Anlagen 0.7 Punkte höher als die bessere der beiden FAH. Bei den Staustufen Reckingen und Augst-Wyhlen war die Gesamtwertung sogar um 0.8 bzw. 0.9 Punkte höher als die beste Einzelwertung (Tab. 12).

Zwei oder mehr Anlagen führten in allen Fällen zu besseren Ergebnissen als die bessere der einzelnen Anlagen. Der Bau von mehreren Anlagen pro Staustufe macht deshalb Sinn.

Tab. 14 > Bewertung der Hochrhein-Staustufen nach dem Fischaufstieg

Tabellenlegende siehe Tab. 13

	Anz. Fische/Tag	% aufsteigende Arten	Anz. gefährdete Arten (1-3)	Anz. Schneider / Tag	Fische ? 15 cm	Anz. grosse Fische/Tag	Fischaufstieg [Wochen]
Schaffhausen	4	0	0	0	0	0	0
Eglisau	1	0	0	0	2	0	0
Reckingen	3	2	4	2	3	1	4
Albbruck-Dogern	5	0	0	0	4	0	3
Laufenburg	1	4	3	1	1	3	4
Säckingen Maschinenhaus R	1	5	5	0	1	3	3
Ryburg-Schwörstadt Mittelpfeiler	2	5	2	0	1	0	2
Rheinfeld Wehr R	2	5	2	5	5	3	4
Augst - Wyhlen	5	5	4	2	4	5	5
Birsfelden Wehr R	5	5	4	0	1	5	4

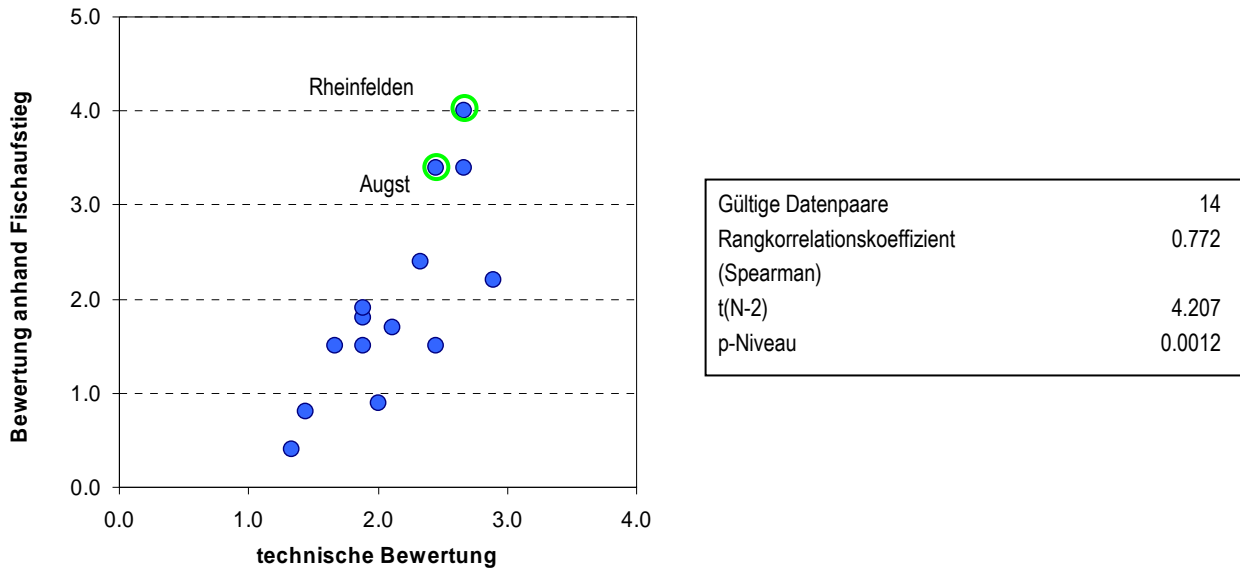
3.12.8 Vergleich technische Bewertung – Fischaufstieg

Die Korrelation zwischen technischer Bewertung und der Einstufung anhand des Fischaufstiegs ist sehr hoch ($p < 0.005$), woraus klar hervorgeht, dass sich bauliche Defizite negativ auf den Fischaufstieg auswirken (geringere Aufstiegsfrequenz, tiefere Artenzahlen, Fehlen von Gilden oder Längensklassen, zeitliche Einschränkungen der Durchwanderbarkeit). Umgekehrt schnitten die FAH, die nach dem neusten Wissensstand in den letzten Jahren erbaut worden sind, bezüglich Fischaufstieg gut ab (Abb. 55).

Diese Ergebnisse können verwendet werden, um künftige FAH gezielt zu verbessern. Durch Vergrößerung der Beckendimensionen sowie der Engstellen (Schlupflöcher, Kronenausschnitte und Lücken im Raugerinne), durch Reduktion der Absturzhöhen zwischen den Becken und durch Massnahmen zur Reduktion der sohlennahen Fließgeschwindigkeiten (→ Natursohle) kann ein massgeblicher Beitrag zur Verbesserung des Fischaufstiegs geleistet werden.

Die künftige Entwicklung muss deshalb klar in Richtung grösser dimensionierter (Abfluss, Grösse, Engstellen), weniger steiler und naturnaher Fischaufstiegshilfen gehen.

Abb. 55 > Mittelwert der technischen Bewertung siehe Kapitel 3.11, aufgetragen gegen den Mittelwert der Bewertung anhand des Fischaufstiegs



Bei Betrachtung der einzelnen technischen Parameter fällt auf, dass der Fischaufstieg nicht durch eine einzelne Grösse, sondern durch mehrere Parameter massgeblich beeinflusst wird. Sehr stark ist der Einfluss der Dotierung der FAH (Abfluss im Schlupfloch, in der FAH und das Total inkl. Lockwasserzugabe). Ferner schnitten geräumige FAH mit grosser Breite und Länge bezüglich Fischaufstieg besser ab als enge. Insbesondere die Höhe der Schlupflöcher bzw. Schlitze scheint einen nicht unwesentlichen Einfluss zu haben (Tab. 15).

Daraus lässt sich schliessen, dass zukünftige FAH mit einem höheren Abfluss dotiert werden müssen. Damit die Leistungsdichte nicht zu hoch wird, müssen die Anlagen auch grösser dimensioniert werden. Insbesondere die Durchschlupfmöglichkeiten sollten ausreichend gross sein. Die Zahl aufsteigender Äschen, Schneider und grosswüchsiger Arten zeigt zudem, dass naturnahe Anlagen wie Raugerinne-Beckenpässe und naturnahe Umgehungsgewässer technischen Varianten überlegen sind. Von zentraler Bedeutung ist die Ausstattung mit einer natürlichen Kiessohle.

Tab. 15 > Korrelation verschiedener technischer Parameter mit der Bewertung der FAH anhand des Fischaufstiegs

Rangkorrelation nach Spearman

	Gültige	Spearman R
Höhendifferenz Becken [m]	14	-0.183656
Schlupfloch-Breite [m]	14	0.318264
Schlupfloch-Höhe [m]	14	0.551843
Länge Becken [m]	14	0.539913
Breite Becken [m]	14	0.642620
Wassertiefe Becken [m]	14	-0.023570
V_{\min} Kronenausschnitt [m/s]	14	-0.316375
V_{\min} Schlupfloch [m/s]	14	-0.218788
V_{\max} Kronenausschnitt [m/s]	13	-0.486195
V_{\max} Schlupfloch [m/s]	14	-0.356198
Abfluss Schlupfloch [m ³ /s]	14	0.572384
Abfluss Kronenausschnitt [m ³ /s]	13	0.558020
Abfluss FAH [m ³ /s]	14	0.662994
Abfluss Leitströmung [m ³ /s]	14	0.589256
Abfluss Total (FAH+Leitströmung)	14	0.746973
Leistungsdichte [W/m ³]	14	-0.293927

Hellblaue Schattierung: Signifikant positive Korrelation, $p < 0.05$; dunkelblaue Schattierung: Signifikant positive Korrelation, $p < 0.01$.

4 > Diskussion, Ausblick

4.1 Zahl der aufsteigenden Fische

Die Zahl der aufsteigenden Fische pro Tag sagt etwas über die Funktionsfähigkeit einer FAH aus. Hohe Aufstiegszahlen lassen den Schluss zu, dass es einer grossen Zahl der betreffenden Art(en) gelingt, ihre lebensnotwendigen Wanderungen trotz des bestehenden Hindernisses durchzuführen. Auch der genetische Austausch zwischen den Teilpopulationen im Unter- und Oberwasser kann stattfinden. Zudem können Fische die Verdriftung in Fliessrichtung während der larvalen Phase (Bardonnet & Gaudin 1990; Bardonnet & Gaudin 1991) wieder kompensieren. Auch subadulte und adulte Tiere, welche bei Hochwasser oder Stauraumpülungen verdriftet wurden, sind auf aufwärtsgerichtete Wanderungen angewiesen, um ihr angestammtes Gebiet wieder zu erreichen (Jungwirth & Parasiewicz 1994). Da in den verschiedenen FAH unterschiedlich lange gezählt wurde, werden die Zählergebnisse pro Tag angegeben.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Werte sehr stark schwanken können, je nachdem wie die Zählperiode gewählt wurde (vgl. Schwevers et al. 2005). Die Zählungen am Hochrhein wurden mit zwei Ausnahmen (die FAH Eglisau und Reckingen waren im Winter ausser Betrieb, Winterschliessungsrecht) während zwölf aufeinander folgenden Monaten durchgeführt. Die erwähnten beiden Anlagen sowie die in Tab. 16 im Vergleich dargestellten Zählungen an der Aare (2005) beziehen die sich auf die Monate während der Hauptaufstiegszeit im Sommerhalbjahr und liefern höhere Werte als Untersuchungen eines gesamten Jahresverlaufs. Da der Fischaufstieg in der Aare im Winter äusserst gering ist, müsste man die in Tab. 16 aufgeführten Werte durch 1.7 (12/7) teilen, um den ungefähren mittleren Tagesaufstieg über ein Kalenderjahr zu erhalten.

Alle mittleren Tagesaufstiege an den Hochrheinkraftwerken befinden sich im «Mittelfeld» bzw. in der unteren Hälfte von Tab. 16, das heisst, die Aufstiegszahlen fallen gegenüber anderen FAH deutlich ab. Einerseits könnte dies ein Hinweis darauf sein, dass der Fischbestand im Hochrhein geringer ist als in den Vergleichsgewässern Deutschlands. Andererseits deutet die geringe Zahl aufsteigender Fische mit Sicherheit auf Defizite an einzelnen Anlagen hin: Dies trifft vor allem auf den Beckenpass beim Kraftwerk Eglisau zu, die einzige Anlage dieser Staustufe. Auch die FAH beim Maschinenhaus des Kraftwerks Albruck-Dogern bot nur sehr wenigen Fischen Aufstiegsmöglichkeiten. Im Jahr 1995 waren an dieser FAH vergleichsweise viele Fische aufgestiegen, vorwiegend Aale. Der massive Rückgang dieser Art im Hochrhein hat die Aufstiegsfrequenz in der FAH praktisch zum Erliegen gebracht. Eine Ursache für den schwachen Fischaufstieg ist somit in einer sehr hohen Artselektivität zu suchen, was als grosses Defizit zu betrachten ist. Bereits in früheren Jahren schwankte der Aufstieg an dieser Staustufe sehr stark (Lampert & Link 1971). Im Unterschied zu

Eglisau besteht bei Albruck-Dogern eine zweite, stark frequentierte FAH beim Wehr. In beiden FAH der Staustufe Laufenburg stiegen verglichen mit den am besten benützten FAH etwa acht mal weniger Fische auf, was ebenfalls auf gewisse Defizite schließen lässt. Der Fischlift am Wehr des Kraftwerks Wyhlen ermöglichte nur sehr wenigen Fischen eine Aufwärtswanderung. Diese Anlage funktioniert aber im Verbund mit dem Vertikalschlitzpass Augst und mit dem Beckenpass Wyhlen, wo von allen Staustufen des Hochrheins die höchsten Aufstiegsfrequenzen erreicht wurden. Als einzige Aufstiegsmöglichkeit beim Wehr ist der Fischlift nicht unbedeutend für Fische, die den Weg übers Wehr wählten. Gegenüber den Werten im Jahr 1995 (alter Denil-Pass) hat sich der Fischaufstieg an dieser Stelle mehr als verdreifacht.

Neben der bereits erwähnten Staustufe Augst-Wyhlen, bei der sich zwei neu gebaute FAH und eine modifizierte Anlage befinden, fallen die Staustufen Schaffhausen und Albruck-Dogern, Birsfelden durch eine hohe Zahl aufsteigender Fische auf.

Tab. 16 > Vergleich des mittleren Fischaufstiegs pro Tag in den FAH am Hochrhein (gelb hinterlegt), verglichen mit verschiedenen Anlagen an der Aare unterhalb des Bielersees und in Deutschland

Die Daten sind geordnet nach dem mittleren Tagesaufstieg.

Gewässer	FAH	Jahr	Ind./Tag	Quelle
Main	Vokach	1995	270.0	Schwevers et al. 2005
Weser	Drakenburg	1998	249.0	Schwevers et al. 2005
Main	Kleinosheim	1995	230.0	Schwevers et al. 2005
Mulde	Kollau	2001	221.0	Schwevers et al. 2005
Weser	Pfortmühle	2004	184.0	Schwevers et al. 2005
Rhein	Dornicker Schleuse	2002	180.0	Schwevers et al. 2005
Elbe	Geesthacht, neu	1999	135.0	Schwevers et al. 2005
Ruhr	Horster Mühle	1995	133.0	Schwevers et al. 2005
Ruhr	Herbede	1995	99.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Wynau Maschinenhaus	2005	59.2	Guthruf 2006
Aare	Flumenthal	2005	53.0	Guthruf 2006
Aare	Rüchig Wehr	2005	51.7	Guthruf 2006
Aare	Brügg	1997-98	43.7	Büsser 2000
Hochrhein	Albruck-Dogern Wehr links	2005	33.2	vorl. Arbeit
Hochrhein	Birsfelden Wehr rechts	2005	31.4	vorl. Arbeit
Aare	Ruppoldingen Umgehungs gewässer	2005	29.1	Guthruf 2006
Lippe	Hamm Uentrop	2001	29.0	Schwevers et al. 2005
Hochrhein	Schaffhausen Wehr links	2005	28.9	vorl. Arbeit
Ruhr	Horster Mühle, nach Umbau	2001	28.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Gösgen Wehr Winznau	2005	24.4	Guthruf 2006
Lippe	Lünen Buddenburg	2004	23.0	Schwevers et al. 2005
Hochrhein	August Maschinenhaus links	2005	21.4	vorl. Arbeit
Lippe	Lünen Beckinghausen	2000	17.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Rüchig Maschinenhaus	2005	16.7	Guthruf 2006
Aare	Wildeg-Brugg Stauwehr	2005	15.6	Guthruf 2006
Aare	Aarberg	1996-98	14.0	Büsser 2000
Hochrhein	Wyhlen Maschinenhaus rechts	2005	13.5	vorl. Arbeit
Aare	IB Aarau Maschinenhaus	2005	13.2	Guthruf 2006
Aare	Wildeg-Brugg Maschinenhaus	2005	13.1	Guthruf 2006
Ems	Telgte	2002	12.0	Schwevers et al. 2005
Hochrhein	Reckingen Maschinenhaus rechts	2005	11.9	vorl. Arbeit
Lenne	Plettenberg	2005	11.0	Schwevers et al. 2005
Weser	Petershagen	1998	11.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Ruppertsweiler Auenstein Maschinenhaus	2005	9.1	Guthruf 2006
Wupper	Buchenhofen	1996	9.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Niederried	1996-98	7.9	Büsser 1999
Hochrhein	Ryburg-Schwörstadt Mittelpfeiler	2005	6.8	vorl. Arbeit
Hochrhein	Reckingen Wehr links	2005	6.6	vorl. Arbeit
Aare	Ruppoldingen Raugerinnebeckenpass	2005	6.4	Guthruf 2006
Möhne	Liethwerk	1999	6.0	Schwevers et al. 2005
Hochrhein	Rheinfelden Wehr rechts	2005	5.9	vorl. Arbeit
Aare	Beznau Wehr rechts	2005	5.3	Guthruf 2006
Weser	Schlüsselburg	1998	5.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Klingnau Mittelpfeiler	2005	4.7	Guthruf 2006
Hochrhein	Säckingen Maschinenhaus rechts	2005	4.2	vorl. Arbeit
Nethe	Gondelheim Wehr	2000	4.0	Schwevers et al. 2005
Aare	Ruppertsweiler Auenstein Wehr	2005	3.6	Guthruf 2006
Hochrhein	Laufenburg Wehr rechts	2005	2.3	vorl. Arbeit
Hochrhein	Laufenburg Maschinenhaus links	2005	2.2	vorl. Arbeit
Nethe	Gondelheim WKA	2000	2.0	Schwevers et al. 2005
Hochrhein	Wyhlen Fischlift Wehr rechts	2005	1.2	vorl. Arbeit
Möhne	Möhnebogen	2004	0.9	Schwevers et al. 2005
Aare	Beznau Wehr links	2005	0.7	Guthruf 2006
Hochrhein	Eglisau Mittelpfeiler	2005	0.7	vorl. Arbeit
Hochrhein	Albruck-Dogern Maschinenhaus links	2005	0.5	vorl. Arbeit
Lenne	Wintersohl	2005	0.1	Schwevers et al. 2005

4.2 Artenzahl im Verhältnis zum Potenzial im Unterwasser

Hohe Aufstiegsfrequenzen alleine können jedoch keine Garantie für ein Funktionieren einer FAH sein (Gumpinger 2001; Schwevers et al. 2005), da im Extremfall nur eine einzige Art und Altersklasse zum hohen Ergebnis beitragen kann, während der Rest der Fischfauna am Aufstieg gehindert wird. Aus diesem Grund müssen zur Beurteilung einer FAH weitere Parameter geprüft werden.

Die Zahl der bei den verschiedenen FAH der Hochrheinkraftwerke aufgestiegenen Arten schwankt beträchtlich; zwischen 2 und 23. Um Aussagen über die Funktionsfähigkeit der Anlagen machen zu können, müssen die Artenzahlen aber in Relation mit dem Artenvorkommen im Unterwasser gesetzt werden.

Bei der Gegenüberstellung der Daten (Tab. 17) verschiedener FAH ist die unterschiedliche Zähldauer zu berücksichtigen: Die Erhebungen an der Mur und an der Donau (Kraftwerk Freudenu) dauerten bedeutend weniger lang als die Zählungen am Hochrhein, und der Sommer wurde nicht oder nur teilweise erfasst. Aus diesem Grund dürfte die effektive Zahl aufsteigender Arten bei diesen Anlagen tendenziell höher sein. An der Aare bei Bern (Guthruf 1996) und am Marchfeldkanal (Unfer & Schmutz, zit. in Eberstaller et al. 2001) wurde dagegen länger gezählt (2 bzw. 3 Jahre). Die Zählungen im Jahr 2005 an der Aare (Guthruf 2006b) sind gut vergleichbar mit denjenigen am Rhein (vorliegende Arbeit, Gerster 1998a), da während eines langen Zeitraums gezählt wurde (jeweils 8–12 Monate).

Die Aufstellung zeigt, dass der Prozentsatz der Fischarten, die den Aufstieg durch die FAH am Hochrhein schaffen, äusserst stark schwankt (Tab. 17).

Der Beckenpass von Eglisau fiel sehr stark nach unten ab, konnten doch nur 2 von 28 im Unterwasser lebenden Arten die Wanderhilfe überwinden, was einem Anteil von 7% entspricht. Anhand dieses Ergebnisses muss die Anlage als weitgehend unpassierbar bezeichnet werden, und es besteht dringender Handlungsbedarf. Als Ersatz für die bestehende Anlage ist ein Vertikalschlitzpass beim Maschinenhaus und ein Fischlift beim Wehr vorgesehen (Kirchhofer 2005).

Beide FAH beim Kraftwerk Albruck-Dogern ermöglichen nur wenigen der flussabwärts vorkommenden Fischarten, ins Oberwasser zu gelangen. Auch bei dieser Anlage sind trotz der hohen Aufstiegsfrequenz beim Wehr deutliche Defizite auszumachen.

Die FAH beim Maschinenhaus des Kraftwerks Reckingen fiel, gemessen am Bestand im Unterwasser, durch vergleichsweise geringe Artenzahlen auf.

Diverse Verbesserungen an der FAH beim Wehr des Kraftwerks Schaffhausen (Lockwasserleitung, Einbauten zur Strömungsreduktion in einzelnen Becken) brachten nicht die erhoffte höhere Artenzahl: Während im Jahr 1995 sieben Arten gezählt wurden, waren es im Jahr 2005 deren sechs, woraus abzuleiten ist, dass die bestehenden Defizite durch die Modifikationen nicht behoben werden konnten.

Das beste Ergebnis erzielte der Beckenpass beim Hochrheinkraftwerk Säckinggen, wo im Jahr 2005 96 % und im Jahr 1995 79 % der im Unterwasser vorkommenden Arten den Aufstieg schafften (Tab. 17).

Auch die Beckenpässe in Birsfelden und Wyhlen sowie der neu in Betrieb genommene Raugerinne-Beckenpass beim Kraftwerk Rheinfelden fielen durch einen relativ hohen Prozentsatz aufsteigender Arten auf. Viele positiv bewertete Anlagen waren naturnahe Umgehungsgewässer (Donau Freudenu, Marchfeldkanal) oder Raugerinne-Beckenpässe (Rheinfelden, Gösgen).

Auch der im Jahr 2007 neu in Betrieb genommene Raugerinne-Beckenpass beim Kraftwerk IB Aarau an der Aare fällt durch ausserordentlich hohe Artenzahlen auf (pers. Mitt. St. Gerster).

Beim naturnahen Umgehungsgewässer an der Mur war der Anteil geringer, was einerseits damit zusammenhängt, dass der Aufstieg im Sommer dort nicht erfasst wurde. Andererseits handelt es sich im Unterschied zu den bisher genannten Anlagen um ein Rhithalgewässer mit wenigen Arten, wo sich das Fehlen einzelner Arten entsprechend stark auswirkt.

Beim Wehr des Kraftwerks Wyhlen wurde der bestehende Denilpass an gleicher Stelle durch einen Fischlift ersetzt, wodurch sich der Anteil aufsteigender Arten mehr als verdoppelte (Tab. 17).

Tab. 17 > Zahl der Arten, die den Aufstieg über die verschiedenen FAH schaffen gemessen am Potenzial im Unterwasser

Gewässer	Kraftwerk, Lage FAH (Autoren)	Typ	Dauer der Zählung	Staat	Unterw.	Aufstieg
Hochrhein	Säckingen Maschinenhaus (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	24	23 96%
Hochrhein	Säckingen Maschinenhaus (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	24	19 79%
Donau	Donau Freudenu (Eberstaller et al. 2001)	UG	Apr 99 - Jul 99 Sep 99 - Okt 99 Mrz 00 - Jun 00	A	57	41 72%
Hochrhein	Birsfelden Wehr (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	29	21 72%
Aare	Gösgen, Wehr Winznau (Guthruf 2006)	RG	Apr 05 - Okt 05	CH	29	21 72%
Aare	Rupperswil-Auenstein Maschinenhaus (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	29	21 72%
Donau	Donau / Marchfeldkanal (Unfer & Schmutz)	UG	Dauer: 3 Jahre	A	57	37 65%
Aare	Klingnau Mittelpfeiler (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	28	18 64%
Hochrhein	Wyhlen Maschinenhaus (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	36	23 64%
Hochrhein	Rheinfelden Wehr (vorl. Arbeit)	RG	Jul 05 - Jun 06	CH	30	19 63%
Aare	Rüchlig Maschinenhaus (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	29	18 62%
Aare	Wildeggen-Brugg Maschinenhaus (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	30	18 60%
Aare	Flumenthal Maschinenhaus (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	30	18 60%
Aare	Beznau Wehr rechts (Guthruf 2006)	VS	Apr 05 - Okt 05	CH	25	15 60%
Hochrhein	Laufenburg Maschinenhaus (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	30	18 60%
Hochrhein	Birsfelden Wehr (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	29	17 59%
Aare	Rupperswil-Auenstein Wehr (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	29	17 59%
Hochrhein	Wyhlen Maschinenhaus (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	36	21 58%
Hochrhein	Reckingen Wehr (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	33	19 58%
Hochrhein	Ryburg-Schwörstadt MP (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	30	17 57%
Hochrhein	Laufenburg Wehr (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	30	17 57%
Aare	Wildeggen-Brugg Wehr (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	30	17 57%
Aare	IB Aarau Maschinenhaus (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	25	14 56%
Aare	Rüchlig Wehr (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	29	16 55%
Hochrhein	Reckingen Wehr (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Dez 95	CH	33	18 55%
Hochrhein	Laufenburg Wehr (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Jan 96	CH	30	16 53%
Aare	Wynau, Maschinenhaus (Guthruf 2006)	BP	Aug 05 - Okt 05	CH	32	17 53%
Hochrhein	Augst Maschinenhaus (vorl. Arbeit)	VS	Apr 05 - Mrz 06	CH	36	19 53%
Main	FAH mit Maximalwert (Born 1994)		-	D	37	19 51%
Mur	Unzmarkt (Jungwirth & Parasiewicz 1994)	UG	Apr 92 - Jun 92 Okt 92 - Dez 92	A	6	3 50%
Hochrhein	Schaffhausen Wehr (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	15	7 47%
Aare	Niederried (Büsser 2000)	VS	Mrz 96 - Sep 98	CH	27	12 44%
Aare	Brügg (Büsser 2000)	VS	Mai 97 - Sep 98	CH	27	12 44%
Hochrhein	Wyhlen Fischlift Wehr (vorl. Arbeit)	FL	Apr 05 - Mrz 06	CH	36	16 44%
Hochrhein	Laufenburg Maschinenhaus (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Jan 96	CH	30	13 43%
Aare	Aarberg (Büsser 2000)	VS	Feb 96 - Sep 98	CH	27	11 41%
Aare	Beznau Wehr links (Guthruf 2006)	BP	Apr 05 - Okt 05	CH	25	10 40%
Hochrhein	Schaffhausen Wehr (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	15	6 40%
Hochrhein	Reckingen Maschinenhaus (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	33	13 39%
Aare	Bern Wehr Engehalde (Guthruf 1996)	BP	Feb 92 - Jan 94	CH	18	7 39%
Hochrhein	Ryburg-Schwörstadt Mittelpfeiler (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	30	11 37%
Hochrhein	Reckingen Maschinenhaus (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Dez 95	CH	33	12 36%
Hochrhein	Albbruck-Dogern Wehr (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	23	7 30%
Hochrhein	Albbruck-Dogern Maschinenhaus (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Mrz 96	CH	23	7 30%
Main	FAH mit Minimalwert (Born 1994)		-	D	37	11 30%
Hochrhein	Albbruck-Dogern Maschinenhaus (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	23	6 26%
Hochrhein	Albbruck-Dogern Wehr (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	23	5 22%
Hochrhein	Wyhlen Wehr (Gerster 1998)	DP	Apr 95 - Mrz 96	CH	36	7 19%
Hochrhein	Eglisau Mittelpfeiler (Gerster 1998)	BP	Apr 95 - Nov 95	CH	28	4 14%
Hochrhein	Eglisau Mittelpfeiler (vorl. Arbeit)	BP	Apr 05 - Mrz 06	CH	28	2 7%

Typ: DP = Denil-Pass; BP = Beckenpass; VS = Vertikalschlitzpass; RG = Raugerinne-Beckenpass; UG = naturnahes Umgehungsgewässer; FL = Fischlift

4.3 Saisonale Selektivität der FAH, Längen- und Artenselektion

Die Wandermuster der Fische sind sehr vielfältig, da je nach Jahreszeit unterschiedliche Habitate besiedelt werden. Das System wird noch komplexer, da sich die Laichzeiten, Jungfischphasen und auch die Ernährungsphasen je nach Art sehr stark unterscheiden. Innerhalb der verschiedenen Arten kann es vorkommen, dass die verschiedenen Altersklassen temporär beieinander leben, bei anderen Arten oder in anderen Altersstadien liegen grosse räumliche Distanzen zwischen dem Lebensraum der adulten und der juvenilen Fische. Je nach Temperatur- und Abflussbedingungen setzt eine Wanderphase früher oder später im Jahr ein. Dazu kommen noch Wanderungen, die der Flucht aus Zonen mit lebensfeindlichen Bedingungen dienen oder Wanderungen, welche notwendig sind, um Gebietsverluste durch Drift zu kompensieren.

Bei dieser Komplexität des Wanderverhaltens liegt es auf der Hand, dass Fische jeder Altersklasse zu jeder Jahreszeit die Möglichkeit zu Wanderungen haben müssen. Werden Arten oder Längenklassen während einer Wanderphase an ihrem Ortswechsel gehindert, so führt dies meist zum Aussterben von Teilen oder im schlimmsten Fall der ganzen Population. Beim Betrieb von Fischaufstiegshilfen ist deshalb darauf zu achten, dass jede Art und jede Längen- bzw. Altersklasse jederzeit wandern kann. Für FAH bedeutet das, dass diese während wesentlichen Teilen des Jahres für Fische aller Arten und Altersklassen auffindbar und passierbar sein müssen. Da während extremer Hochwasser oder in starken Kältephasen auch in natürlichen Gewässern die Wanderaktivität sehr stark reduziert ist, werden die Forderungen insofern relativiert, dass die FAH während mindestens 300 Tagen im Jahr für alle Arten und Längenklassen passierbar sein sollte (Schwevers et al. 2005).

Die Untersuchungen am Hochrhein zeigten, dass es einige FAH gibt, in denen diese Anforderungen weitgehend erfüllt sind. Die beiden erst kürzlich gebauten FAH in Rheinfelden und Augst heben sich von allen übrigen Anlagen ab, indem die Durchgängigkeit während einer sehr langen Zeit gewährleistet ist. Auch hinsichtlich der Durchgängigkeit für kleine Fische wurden die beiden Anlagen als sehr gut bewertet. Auch die Artenzahl ist gemessen am Potenzial im Unterwasser in Rheinfelden sehr hoch und in Augst relativ hoch; auch grosswüchsige Arten wie Wels, Hecht und Karpfen können die Anlagen passieren. Eine wesentliche Gemeinsamkeit dieser beiden FAH ist die natürliche Kiessohle, welche eine stark reduzierte Fliessgeschwindigkeit in Sohlennähe bewirkt, so dass auch schwimmschwache Fische aufsteigen können, seien es strukturorientierte Arten wie die Groppe, Kleinfische wie der Schneider, Jungfische oder Fische, die bei tiefen Temperaturen und entsprechend reduzierter Schwimmleistung wandern. Da beide Anlagen relativ gross dimensioniert sind und mit einem hohen Abfluss dotiert sind, können auch grosswüchsige Arten aufsteigen. Die Ergebnisse zeigen klar den Erfolg dieser beiden FAH und die Richtung, in welche die Entwicklung gehen muss.

Die **Äsche**, eine gefährdete Fischart, welche je nach Jahr bis zu einem Drittel an den Fängen der Rheinfischer vertreten ist, kommt im Fischaufstieg nur äusserst selten vor. Lediglich in 4 von 15 FAH ist sie aufgestiegen, davon in drei Anlagen als Einzelex-

emplar. Lediglich im Beckenpass beim Kraftwerk Säckinggen stiegen vier Äschen auf. In drei von vier Staustufen, die an eine Population von nationaler Bedeutung angrenzen (Kirchhofer et al. 2002), stieg kein einziges Exemplar (Schaffhausen, Eglisau, Albruck-Dogern) und bei der vierten (Reckingen) nur ein einziges. Vor allem das vollständige Fehlen der gefährdeten Art beim Kraftwerk Schaffhausen, welches gleich an zwei Populationen von nationaler Bedeutung grenzt, darunter die grösste der Schweiz, weist auf sehr grosse Defizite hin.

Die Äsche als eine Fischart, die sich nach der Hauptströmung ausrichtet, ist darauf angewiesen, dass das Verhältnis zwischen Gesamtabfluss und der Dotiermenge in der FAH ausreichend gross ist (GUTHRUF 1996). LARINIER (1983) schlägt vor, dass 1 bis 5 % des Gesamtabflusses zum Zeitpunkt der Migrationen durch den Fischpass fließen sollte. Aus der unteren Grenze dieses Vorschlags lässt sich für die Staustufen Schaffhausen bis Reckingen je nach Abfluss des Rheins eine minimale Dotierung von 1.4–7 m³/s und für die Staustufen von Albruck-Dogern bis Birsfelden eine Dotierung zwischen 3.5 und 32 m³/s ableiten. Bis heute gibt es noch keine FAH, bei welcher diese Anforderungen zumindest zeitweise erfüllt sind. Vor allem bei FAH, welche ober- bzw. unterhalb noch bestehender Fließstrecken gelegen sind, sollte auf dieses Verhältnis zwischen Dotierwassermenge und Gesamtabfluss geachtet werden. Untersuchungen an der Mur (Jungwirth & Parasiewicz 1994) und an Melk, Mank und Pielach (Zitek et al. 2004) zeigen zudem, dass naturnahe FAH von Äschen aller Altersklassen als Wanderachse benützt werden. Im Raugerinne-Beckenpass des Kraftwerks IB Aarau konnte zudem ein Querder (Larve des stark gefährdeten Bachneunauges) nachgewiesen werden (Pers. Mitt. St. Gerster). Im mit 1.5–4.5 m³/s dotierten naturnahen Umgehungsgewässer an der Aare bei Ruppoldingen konnte erfolgreiche Naturverlaichung der Äsche belegt werden. Zudem war das Umgehungsgewässer geeignet als Lebensraum für Äschenlarven und Jungtiere anderer typischer Flussfischarten (Aquarius 2004). Die künftige Entwicklung muss deshalb unbedingt in Richtung naturnaher, gross dimensionierter Anlagen mit hohem Abfluss gehen.

4.4 Der Rapfen, Einwanderung und Verbreitung einer neuen Art

Der Rapfen (*Aspius aspius*), der Längen von bis zu einem Meter erreicht, ist im Rhein-Einzugsgebiet die einzige Cyprinidenart, welche sich als ausgewachsenes Tier praktisch ausschliesslich von Fischen oder anderen Wirbeltieren ernährt. Die für Cypriniden aussergewöhnlich grosse Maulspalte und die starke Bezaehlung lassen die räuberische Lebensweise gut erkennen. Der Rapfen jagt im Freiwasser, die Laube wird als bevorzugte Beuteart genannt (Anonymus 2002). Die Art bewohnt vor allem grössere Flüsse und laicht bevorzugt auf stark überströmten Kiesbänken ab. Sie kann sich aber auch in stehendem Wasser fortpflanzen und daher auch gut in stauregulierten Flüssen überleben (Anonymus 2003). Die Fekundität ist mit 80'000 bis zu einer Million Eiern sehr hoch (Anonymus 2002). Der Rapfen ist eine sehr mobile Art mit einem «Home-range» von bis zu 100 km. Auf den Laichwanderungen legten Rapfen bis 166 km zurück, wie telemetrische Studien an der Elbe belegen (Fredrich 2003).

Sein Hauptverbreitungsgebiet liegt im Donaunraum, er gehörte aber auch zur ursprünglichen Fauna des Rheins, wo er bis hinauf nach Strassburg, aber nur sehr selten vorkam (Dönni & Freyhof 2002). Das letzte Drittel des 20. Jahrhunderts war durch eine starke Ausbreitung der Art geprägt: In den 1970er-Jahren war sie im Nieder- und Mittelrhein nachgewiesen, in den 1980er-Jahren im Oberrhein mit einer gleichzeitigen starken Zunahme in den bereits früher besiedelten Gebieten. 1994 gelang erstmals der Nachweis in einem Hochrhein-Abschnitt, dem Stau Birsfelden (Dönni & Freyhof 2002).

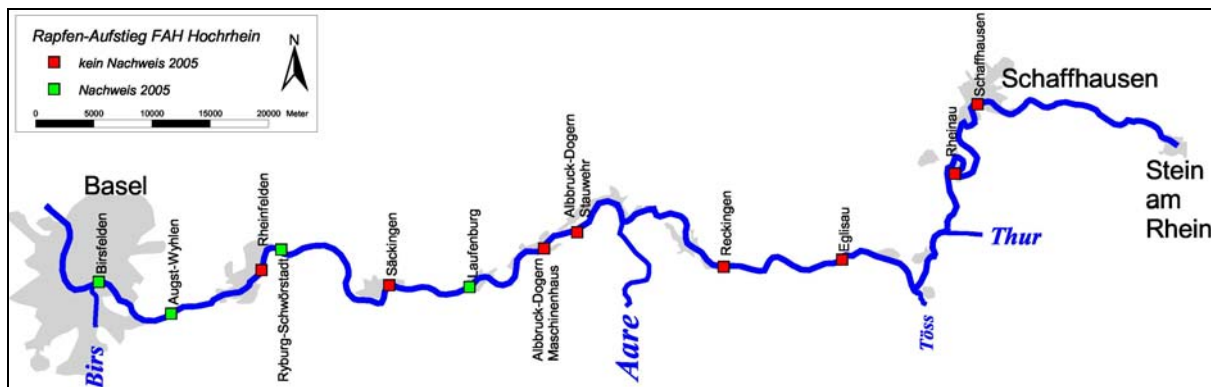
Diese kurze Beschreibung der Biologie zeigt, dass es sich um eine relativ flexible Art handelt, welche auch in durch den Menschen beeinträchtigten Flüssen überleben und sich ausbreiten kann. Die hohe Fekundität ermöglicht dem Rapfen bei günstigen Lebensbedingungen, innert kürzester Zeit sehr grosse Bestände aufzubauen.

Seit 1994 hat sich der Rapfen 29 km weiter flussaufwärts ausgebreitet und besiedelt heute vom Wehr Kembs aus gemessen 55 km des Hochrheins, was über einen Drittel der gesamten Strecke entspricht. Während Birs, Wiese und Ergolz bereits erschlossen werden können, muss die Staustufe Albruck-Dogern noch überwunden werden, bis der Rapfen in die Aare einsteigen kann (Abb. 56). Noch sind die Dichten im Hochrhein sehr gering, wenn man berücksichtigt, dass im Vertikalschlitzpass beim Kraftwerk Iffezheim in anderthalb Jahren 1910 Rapfen aufgestiegen sind (Heimerl et al. 2002).

Fischaufstiegskontrollen sind sehr gut geeignet, um die weitere Ausbreitung und Bestandesentwicklung dieser Art in Hochrhein und Aare zu dokumentieren. Um ein noch umfassenderes Bild zu erhalten, sollte der Rapfen auch in der Fangstatistik des Hochrheins separat erfasst werden, was zur Zeit noch nicht der Fall ist.

Abb. 56 > Hochrhein mit Kraftwerken (rote und grüne Quadrate) und Siedlungsschwerpunkten (graue Flächen)

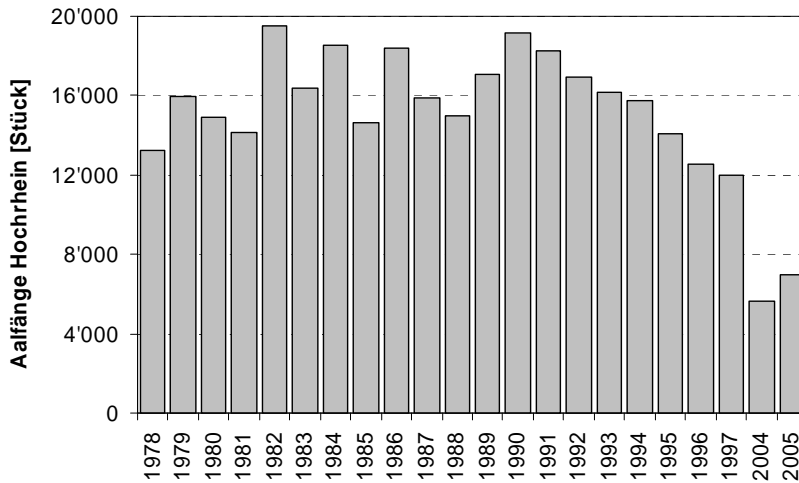
Nachweis des Rapfens im Rahmen der Fischaufstiegskontrollen im Jahr 2005/06.



Bestandesentwicklung des Aals

Die Aalfänge haben seit 1990 praktisch stetig abgenommen (Abb. 57), so dass im Jahr 2005 noch rund 40 % des langjährigen Durchschnitts erbeutet werden konnten.

Abb. 57 > Zeitliche Entwicklung der Aalfänge im Hochrhein



Daten BAFU

Viel stärker ist hingegen der Fischaufstieg zurückgegangen, konnten doch im Jahr 2005 noch 6% so viele Aale wie im Jahr 1995 bzw. 2% so viele wie im Jahr 1985 gefangen werden. Zur Erklärung dieser Diskrepanz sind Kenntnisse über den Lebenszyklus und die Biologie der Population notwendig. Die folgende Zusammenfassung stammt aus Dönni et al. (2001):

Die Aalpopulation im Hochrhein zählte im Jahr 2000 schätzungsweise eine Million Tiere, durch Zuwanderung gelangten rund 7000 Tiere dazu. Das Ausmass dieser Zuwanderung wird wesentlich durch Besätze im Oberrhein beeinflusst. Aus der zeitlichen Abfolge der Zuwanderung liess sich aber auch ableiten, dass ein nicht unbedeutender Teil der Aale nicht aus Besatz sondern aus Zuwanderung von Wildaalen aus dem Meer stammen muss.

Da in den Mündungsgebieten grosser Flüsse der Fang von Glasaalen, die einzige Quelle für die Besatzfischproduktion, seit Beginn der 1980er-Jahre stark rückläufig ist, stehen sowohl für den Besatz als auch für die natürliche Zuwanderung immer weniger Aale zur Verfügung. Aus diesem Grund gingen Dönni et al. (2001) davon aus, dass der Aalbestand im Hochrhein auch nach dem Jahr 2000 weiter zurückgehen wird. 4 von 6 geprüfte Indikatoren wiesen darauf hin, dass der Aalbestand bereits vor dem Jahr 2000 abgenommen hat.

Die Ursachen für diesen Rückgang sind noch nicht alle bekannt. Die Mortalität der laichreifen, ins Meer abwandernden Blankaale bei der Turbinenpassage ist aber einer der Hauptgründe. Auf der Wanderung bis Basel überleben nach Schätzungen lediglich 7% des Blankaalbestandes des Hochrheins, seiner Zuflüsse und des Bodensees. Auf dem Weg zur Nordsee müssen weitere 10 Kraftwerke passiert werden. Berücksichtigt man zusätzlich die Mortalität durch Fischerei, Krankheiten etc. so ist davon auszugehen, dass kaum ein Blankaal aus dem Hochrhein die Laichgründe in der Sargassosee vor der Karibik erreichen kann. Auf Grund des starken Rückgangs der Art und der

nach wie vor starken Bedrohung der Blankaale bei der Turbinenpassage wurde die Art in Europa und in der Schweiz als gefährdet eingestuft.

Da der Aal eine relativ langlebige Art ist, werden die Auswirkungen von Veränderungen der Umwelt erst Jahrzehnte später erkannt.

Selbst der Teil des Lebenszyklus im Rhein dauert mehr als 10 Jahre: So wird damit gerechnet, dass Aale rund 3.5 Jahre benötigen, um die erste Staustufe in Iffezheim zu erreichen. Weitere 3.5 Jahre dauert es, bis sie im Hochrhein eintreffen. Im Gelbaalstadium haben die Tiere ihr letztes Nahrungshabitat erreicht, und ihre Wanderfreudigkeit nimmt ab. In diesem Stadium verbringen die Männchen 4–6 Jahre und die Weibchen 10–16 Jahre im Süßwasser. Diese langen Aufenthaltszeiten dürften dafür verantwortlich sein, dass zwischen dem letzten Besatz im Hochrhein (Besatzmoratorium ab 1986) und dem Rückgang der Fänge rund 12 Jahre vergingen.

Da zwischen der Phase mit der höchsten Wanderaktivität (die Tiere sind im Hochrhein zwischen 30 und 48 cm lang) und der Zeit, in der die Aale gefangen werden (Fanglängen zwischen 50 und 100 cm) auch wieder Jahre vergehen, ist in Anbetracht des Schwindens der Glasaalbestände und der Besatzzahlen davon auszugehen, dass die Einwanderung von neuen Aalen bereits viel stärker abgenommen hat als der Fang, oder mit anderen Worten, dass die Aufstiegszahlen ein ungefähres Bild vermitteln, wie die Fänge in 5–10 Jahren aussehen werden.

In diversen FAH wurden bei Reinigungsarbeiten viele kleine Aale in den Becken beobachtet, während in der Reuse fast keine Aale gefangen werden konnten. Diese Beobachtungen führten zur Vermutung, dass der Aalbestand im Hochrhein nicht abgenommen hat, sondern dass lediglich der Anteil der kleineren Tiere zugenommen hat. Dass ein Teil der im Hochrhein aufsteigenden Aale das Gitter der Reusen durchschwimmen kann, ist bekannt (Dönni 1993; Dönni et al. 2001). Eine vorübergehend erhöhte Einwanderung kleiner Aale im Jahr 2005 ist ebenfalls möglich, da im Jahr 2000 überdurchschnittlich viele Aale im nördlichen Oberrhein eingesetzt wurden (Dönni et al. 2001). Dass dagegen der Fangrückgang und der noch stärkere Rückgang der Aale im Fischaufstieg einzig durch einen höheren Anteil an kleineren Aalen zustande kommen, ist angesichts der sinkenden Glasaalbestände und des noch immer geltenden Besatzmoratoriums im Hochrhein eher unwahrscheinlich. Die künftige Entwicklung der Aalfänge und des Aalaufstiegs werden bei der Beantwortung dieser Frage weiterhelfen.

Um den weiteren Rückgang der gefährdeten Art zu verhindern, müssen Massnahmen ergriffen werden zur starken Reduktion der heute sehr hohen Turbinenmortalitäten. Dies kann durch den Ersatz von Francis- durch Kaplan- oder Rohrturbinen erreicht werden. Auch durch den Ersatz vieler kleiner Turbinen durch einzelne grosse lässt sich die Mortalität stark reduzieren.

Scheueinrichtungen oder Bypass-Systeme sind geeignete Mittel, um den absteigenden Aalen Alternativen zur Turbinenpassage zu bieten. Bis diese Mittel einwandfrei funktionieren, sind aber noch umfassende Untersuchungen und Abklärungen notwendig.

4.6 Winterschliessungsrecht

Um Anhaltspunkte über den Fischeaufstieg in den Wintermonaten zu erhalten, verzichteten die meisten Kraftwerke auch im Winter 2005/06 freiwillig auf die Schliessung ihrer FAH. Lediglich zwei Kraftwerke, **Eglisau und Reckingen** (FAH beim Wehr geschlossen), hielten auch während der Zählung am Winterschliessungsrecht fest und die FAH waren ausser Betrieb.

In der entsprechenden Zeit zwischen Dezember 2005 und März 2006 waren insgesamt 116 Fische aufgestiegen, was 0.2% des gesamten Fischeaufstiegs entspricht. Das Total und auch der Anteil lag damit tiefer als im Jahr 1998, als 227 Fische aufgestiegen waren, welche knapp 1% des Gesamtaufstiegs ausmachten (Gerster 1998a). Die Zahl aufsteigender Arten war mit 17 im Jahr 2005/06 deutlich höher als im Jahr 1995/96, als im Winter nur 11 Arten nachgewiesen werden konnten.

Die während des Winters laichende Bachforelle trug mit 38 Tieren relativ stark zum Total bei, und der Anteil der Winterwanderungen am gesamten Bachforellenaufstieg lag mit 15% weit über dem Durchschnitt über alle Arten (Tab. 18). Während der Zählung 1995/96 war der Anteil der im Winter aufsteigenden Bachforellen mit 28% (Gerster 1998a) noch höher.

Bei einzelnen FAH beträgt der Anteil der im Winter aufsteigenden Bachforellen 60% (Fischlift Wyhlen) bzw. 36% (Albbruck-Dogern Maschinenhaus, Birsfelden).

Tab. 18 > Fischeaufstieg vom 01. Dezember 2005 bis 31. März 2006

	Forellen (Bach-, See-)	Regenbogenforelle	Rotauge	Hasel	Alet (Döbel)	Rapfen (Schied)	Nase	Barbe	Laube (Ukelei)	Schneider	Brachsmen	Karpfen	Wels	Hecht	Flussbarsch (Eggl)	Zander	Stichling	Alle Arten	Artenzahl
Schaffhausen W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reckingen MH	16	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	21	3
Albbruck-Dogern W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albbruck-Dogern MH	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	3
Laufenburg W	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2
Laufenburg MH	0	0	3	0	12	0	0	0	1	4	0	0	0	0	3	0	1	24	6
Säckingen MH	0	1	0	4	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	9	4
Ryburg-Schwörstadt MP	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Rheinfelden W	3	0	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	17	5
Augst MH	5	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	10	5
Wyhlen Beckenpass MH	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Wyhlen Fischlift W	3	0	4	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	6
Birsfelden W	5	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4
Summe	38	8	8	4	17	1	12	4	2	8	2	1	1	2	6	1	1	116	17
Winter / Total [%]	15	18	0	1	1	5	8	0	0	5	0	4	10	20	2	33	100	0.2	50

W = Wehr, MH = Maschinenhaus, MP = Mittelpfeiler. Winter / Total = Fischeaufstieg Dez. 05 – Mär. 06 / Fischeaufstieg Apr. 05 – Mär. 06

Trotz den geringen Aufstiegszahlen ist die Möglichkeit einer Aufwärtswanderung für die betroffenen Fische überlebenswichtig.

Am Marchfeldkanal an der Donau konnte gezeigt werden, dass sich die Zahl und Artenzusammensetzung der Fische, die das neu erstellte Gerinne besiedelten und durchwanderten, erst im Laufe von Jahren entwickelte (Eberstaller et al. 2001).

Da die meisten Hochrhein-Kraftwerke ihre FAH im Winter geschlossen haben und nur während der Zählung in Betrieb liessen, konnte sich noch kein Wanderverhalten etablieren. Aus diesem Grund dürfen die geringen Zahlen aufsteigender Bachforellen nicht mit dem Potenzial aufstiegswilliger Bachforellen gleichgesetzt werden. Es ist davon auszugehen, dass durch dauernden Betrieb der FAH das Wanderverhalten während des Winters deutlich gefördert werden könnte, was nicht ohne positive Effekte auf den Bestand der betroffenen Arten bliebe.

Am Hochrhein konnte gezeigt werden, dass die neuen Anlagen mit reduzierten Fließgeschwindigkeiten in den Engstellen auch bei kaltem Wasser überwunden werden können. Untersuchungen in einem naturnahen Umgebungsgewässer an der Donau zeigten, dass bereits bei Temperaturen um 7 °C auch karpfenartige Fischarten wie Nase, Alet und Rotaugen im März in höheren Zahlen wandern (Eberstaller et al. 2001). Die Barbenzüge setzen in verschiedenen passierbar gemachten Donau-Zuflüssen sogar im Februar ein (Zitek et al. 2004). Durch die Beibehaltung des Winterschliessungsrechts würden die Errungenschaften der neu erstellten FAH teilweise wieder zunichte gemacht. Zudem ist auf Grund der immer stärker zunehmenden Temperaturen (Jakob et al. 1996) davon auszugehen, dass sich die Wanderaktivität der Fische immer stärker in den Winter hinein verschieben wird. Auch gewinnt die Durchwanderbarkeit der Flüsse immer mehr an Bedeutung (Schmutz & Matulla 2004).

Im Rahmen einer Studie der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. wird gefordert, dass FAH während mindestens **300 Tagen im Jahr auffindbar und passierbar** sein müssen (Schwevers & Adam 2006). Diese Anforderung kann nicht erreicht werden, wenn die Anlagen während 4 Monaten bzw. 121 Tagen im Jahr ausser Betrieb genommen werden.

Das Winterschliessungsrecht, das in den Jahren des zweiten Weltkriegs eingeführt wurde, entspricht nicht mehr den aktuellen Anforderungen an Fischaufstiegshilfen und sollte deshalb aus fischökologischer Sicht nicht erneuert werden.

4.7 Empfehlungen für den Bau neuer FAH oder bauliche Anpassungen

In diesem Kapitel wird nochmals kurz auf wesentliche Defizite an den einzelnen FAH hingewiesen, welche anlässlich der Fischaufstiegskontrolle und im Literaturstudium ermittelt wurden:

Neue FAH oder bestehende, bei denen bauliche Veränderungen geplant sind, sollten wenn immer möglich mit **natürlichem Sohlensubstrat** ausgerüstet werden. Dadurch wird Kleinfischarten und Jungfischen der Aufstieg ermöglicht. Bodenorientierte Arten

wie Groppe und Schmerle können die FAH als Lebensraum nutzen. Im Beckenpass des Kraftwerks am Mühleplatz (Luzern) konnten Barben beobachtet werden, die im Kiessubstrat der FAH ablaichten (pers. Mitt. A. Peter, EAWAG). Damit die FAH gefunden werden kann, ist im Einstiegsbereich ein Anschluss an die Sohle notwendig (Kappus & Sosat 2003). Ein solcher existiert am Hochrhein zur Zeit erst bei einer FAH, nämlich beim Kraftwerk Rheinfelden – der einzigen Anlage, in der die Groppe nachgewiesen werden konnte.

Durch **Erhöhung des Abflusses in der FAH** wird die Leitströmung wesentlich verbessert, wodurch die Zahl der aufsteigenden Arten klar zunimmt. In FAH mit sehr hohem Abfluss wie das Umgehungsgewässer Ruppoldingen (Guthruf 2006b) erhalten Fischarten wie Äsche, Hecht, Wels, Karpfen und Brachmen die Möglichkeit, die FAH zu finden und aufzusteigen. Zudem werden durch Erhöhung der Dotierung höhere Gesamtaufstiegsfrequenzen erreicht.

Eine **naturnahe Ausführung** gewährleistet eine bessere Durchwanderbarkeit für Jungfische und Kleinfischarten. In naturnahen Anlagen steigen tendenziell mehr Arten auf als in technischen. Naturnahe Anlagen können als Wanderachse und zusätzlich als Unterstand, Laich-, Larven-, Jungfisch- und Nahrungshabitat genutzt werden. Tieren des Flussgrundes (Benthos) dienen naturnahe Anlagen als Lebensraum und als Wanderachse (Tab. 19).

Um allen Fischarten der Barben- und Brachsenregion den Aufstieg zu ermöglichen, ist die Stufenhöhe in mehreren FAH zu hoch gewählt, vor allem beim Kraftwerk Eglisau. In diesen Anlagen waren Jungfische, schwimmschwache Arten, aber auch gross wachsende Arten wie Hecht, Wels, Karpfen und Brachmen benachteiligt.

Bei zahlreichen Anlagen ist der Einstieg weit vom Hindernis (Turbinen oder Wehr) entfernt. Mit zunehmender Entfernung nimmt die Auffindbarkeit ab, da die Fische in eine Sackgasse geleitet werden. Vor allem beim Maschinenhaus des Kraftwerks Albruck-Dogern (Einstieg ca. 160 m unterhalb Turbinenauslauf) herrscht diesbezüglich besonderer Handlungsbedarf. Aber auch bei vielen weiteren FAH sollte der Einstieg näher zum Hindernis verlegt werden.

Neben der Verbesserung für aufsteigende Fische ist auch **eine funktionsfähige Kontrolleinrichtung** sehr wichtig. Während der Zählung waren alle Anlagen mit einer funktionsfähigen Kontrolleinrichtung ausgerüstet. Bei einigen Reusen (Eglisau, beide FAH in Reckingen) waren das Gerüst und die Bespannung marode und konnte für die Zählung notdürftig hergerichtet werden. Bei den nächsten Aufstiegskontrollen sollten die Reusen renoviert oder ersetzt werden. Künftige Reusen sollten mit Lochblech mit einem Lochdurchmesser von 15 mm eingekleidet werden. Auf diese Weise lässt sich die Fischmortalität (stecken bleibende Fische wie Lauben) stark reduzieren und nebenbei ist die Reinigung einfacher.

Beim Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt befindet sich die Reuse nicht im obersten Becken, wobei die grössten Höhendifferenzen zwischen den Becken oberhalb der Reu-

senstelle gemessen wurden. Es ist deshalb nicht sicher, ob die in der Reuse gefangenen Fische die gesamte FAH überwunden hätten.

Ein Übergang von Reusenkontrollen zu Videoüberwachung wie dies im UVB zum Kraftwerk Eglisau vorgeschlagen wird (Kirchhofer 2005), ist nicht zu empfehlen. In Ruppoldingen waren Zählungen bei trübem Wasser nicht möglich. Zudem war bei Jungfischen und Kleinfischarten keine Artunterscheidung möglich (Guthruf 2006b). Aus diesem Grund sollten in FAH mit hohem Abfluss Zählkammern und bei geringem Abfluss Zählkammern oder Reusen zum Einsatz gelangen. Einzig beim Kraftwerk Schaffhausen, wo das Wasser mehrheitlich klar ist, wäre die Zählung mit einer Videokamera möglich – mit dem Nachteil, dass Jungfische und Kleinfischarten nicht sauber unterscheidbar sind (vgl. Büsser 2000). Angesichts des starken Barbaufstiegs beim Kraftwerk Schaffhausen ist eine grössere Kontrollreuse einzuplanen. Trotz bis zu viermaliger Leerung pro Tag war die Reuse oft überfüllt (Abb. 43). Anlässlich der Zählungen im Jahr 1995 kam es dort zu Mortalitäten.

Tab. 19 > Empfehlungen für den Bau neuer FAH bzw. für bauliche Anpassungen

Verbesserung	Vorteile für Fauna	Schaffhausen W	Eglisau MP	Reckingen W	Reckingen MH	Albbruck-Dogern W	Albbruck-Dogern MH	Laufenburg W	Laufenburg MH	Säckingen MH	Ryburg-Schwörstadt MP	Rheinfelden W	Augst MH	Wyhlen Beckenpass MH	Wyhlen Fischlift W	Birsfelden W
Natürliches Sohlensubstrat	Wanderung Jungfische	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
	Wanderung Kleinfischarten	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
	Lebensraum für Fische	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
Dotierung FAH erhöhen	Wanderung, Lebensraum Benthos	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
	Wanderung grosswüchsiger Arten	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Wanderung Äsche	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Naturnahe Ausführung	Aufstiegszahlen, Artenvielfalt	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Wanderung Jungfische	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
	Wanderung Kleinfischarten	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
Grössere Becken (geringere Leistungsdichte)	Lebensraum für Fische	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
	Wanderung, Lebensraum Benthos	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red
	Wanderung grosswüchsiger Arten	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	White	Orange
funktionsfähige Kontrolleinrichtung (Erfolgskontrolle)	(Hecht, Wels, Karpfen, Brachsmen)	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	White	Orange
	Grundlagen für Optimierung der betreffenden FAH und weiterer FAH in Projektierung oder im Bau.	Orange	Green	Orange	Orange	Red	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Green	Green	Green	Green

■ Verbesserung bereits erfolgt
■ Verbesserung notwendig
■ Weitere Verbesserung möglich (Reuse an falscher Stelle, zu klein oder marode)

> Anhang

A1 Tabellenanhang

Tab. 20 > Aufstiegsdaten April 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGBP *	August MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	10	5	7	0	3	1	3	7	2	2	6	1	2	1	50
Regenbogenforelle	0	0	2	0	0	2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	8
Bachsaibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	4	332	17	1	224	585
Hasel	0	0	31	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	33
Alet/Döbel	0	0	23	3	0	0	7	2	23	0	1	9	0	0	10	78
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Roffeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	5	9
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	66	69
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	0	0	0	113	37	0	3	0	9	0	4	5	0	1	1	173
Laube/Ukelei	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Schneider	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Brachsen	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	5
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Aal	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Flussbarsch/Egli	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	0	10	64	123	37	5	22	6	45	4	18	358	21	5	316	1'034
Artenzahl	0	1	7	3	1	2	7	3	7	3	7	9	3	4	11	19
N Tage kontrolliert	30	30	30	30	30	26	30	30	30	30	20	21	30	30	21	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGBP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005-8.7.2006)

Tab. 21 > Aufstiegsdaten Mai 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	4	1	7	1	0	0	1	1	2	5	4	0	0	1	27
Regenbogenforelle	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	1	7
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	6	20	6	0	60	81	899	15	550	1'637
Hasel	0	0	3	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	8
Alet/Döbel	0	0	36	50	18	0	71	27	114	7	26	7	10	2	17	385
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Nase	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	16	0	0	12	30
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	10
Barbe	2'758	1	9	1'081	4'485	11	128	165	230	717	13	644	11	57	575	10'885
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	6	15
Schneider	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	14	0	1	0	0	20
Blicke	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	70	0	0	0	31	102
Brachsen	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10	0	7	1	9	29
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	5
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	5
Hecht	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	6
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	7
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Summe	2'760	5	56	1'140	4'504	11	210	214	367	730	219	754	934	81	1'204	13'189
Artenzahl	3	2	7	5	3	1	6	5	12	7	12	6	8	9	11	23
N Tage kontrolliert	31	31	31	31	31	31	31	31	31	22	30	20	31	31	22	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass

* Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 22 > Aufstiegsdaten Juni 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	2	7	44	0	1	5	4	0	4	7	1	0	5	80
Regenbogenforelle	1	0	1	1	0	3	0	0	2	0	0	3	0	0	0	11
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	0	11	1	1	2	4	24	4	10	57
Hasel	0	0	2	0	0	0	8	6	4	0	0	1	0	0	0	21
Alet/Döbel	0	0	135	57	30	0	38	35	37	7	26	17	17	2	31	432
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	7	0	2	12
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
Schleie	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	13
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	10	13
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	2'598	84	58	432	3'431	11	79	99	30	477	10	463	26	39	349	8'186
Laube/Ukelei	38	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	3	56	111
Schneider	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	36	10	3	0	0	52
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13	1	0	0	309	324
Brachsen	0	0	0	0	0	0	21	4	0	0	1	4	89	8	29	156
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Karpfen	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	1	3	13
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	9	0	3	16	0	7	7	1	0	0	7	28	10	1	16	105
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	2	2	20	0	11	0	9	1	2	47
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Summe	2'646	84	222	513	3'505	21	157	165	102	485	116	539	205	60	824	9'644
Artenzahl	4	1	11	5	3	3	8	9	10	3	13	11	15	9	13	21
N Tage kontrolliert	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	22	30	30	22	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschleisspass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 23 > Aufstiegsdaten Juli 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	1	1	6	0	0	0	2	2	0	2	1	1	0	0	16
Regenbogenforelle	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Rotauge	0	0	182	2	0	0	16	13	1	1	17	6	42	1	87	368
Hasel	0	0	51	33	0	0	34	23	31	0	8	0	3	1	0	184
Alet/Döbel	0	0	58	4	14	0	12	8	15	7	1	12	15	1	5	152
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Rotfeder	0	0	0	0	2	0	2	27	0	0	0	0	9	1	3	44
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	3	8
Schleie	0	0	4	0	0	1	0	0	3	1	2	0	0	0	1	12
Nase	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	5	10
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
Barbe	1'955	69	18	261	1'393	15	14	26	5	271	8	240	24	6	115	4'420
Laube/Ukelei	0	0	6	0	0	0	19	0	0	0	42	8	31	13	31	150
Schneider	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	0	0	18
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	18	53	0	146	223
Brachsen	0	0	1	0	0	0	29	32	0	0	11	18	251	0	121	463
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	3
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	2	5
Aal	10	0	1	3	4	6	1	9	1	4	6	8	2	0	7	62
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	9	2	21	0	27	0	10	5	1	75
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	1'965	70	324	310	1'413	22	137	153	83	286	147	313	445	28	528	6'224
Artenzahl	2	2	10	7	4	3	10	14	10	7	13	10	13	7	14	22
N Tage kontrolliert	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	21	31	31	21	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 24 > Aufstiegsdaten August 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	3	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	10
Regenbogenforelle	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Bachsaibling	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	97	0	0	0	31	8	3	3	7	147	347	2	423	1'068
Hasel	0	0	106	2	0	0	27	1	3	0	7	0	24	0	1	171
Alet/Döbel	15	0	121	16	17	0	4	5	25	4	2	25	26	2	23	285
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	30	0	0	35
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Schleie	0	0	1	0	0	0	1	0	6	0	1	0	1	0	2	12
Nase	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	3'038	29	41	230	1'451	0	3	16	37	143	7	357	46	12	112	5'522
Laube/Ukelei	0	0	10	0	0	0	29	1	0	0	2	37	116	4	44	243
Schneider	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	11	17	64	0	0	98
Brachsen	0	0	0	0	0	0	15	4	149	0	6	15	72	1	239	501
Karausche	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Aal	8	0	9	0	0	27	2	0	3	1	0	10	8	0	11	79
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flussbarsch/Egli	0	0	0	2	0	0	2	3	9	1	19	0	5	2	1	44
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	3'061	29	392	255	1'468	27	117	40	254	153	63	608	739	23	858	8'087
Artenzahl	3	1	11	6	2	1	11	8	19	6	10	7	11	6	11	25
N Tage kontrolliert	31	31	31	31	24	20	22	25	31	31	22	19	25	21	22	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschleisspass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 25 > Aufstiegsdaten September 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGBP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	6	0	5	0	1	17
Regenbogenforelle	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	45	0	0	0	13	4	33	51	61	116	845	40	2'650	3'858
Hasel	0	0	17	0	0	0	11	0	15	0	8	0	0	0	2	53
Alet/Döbel	1	0	30	37	51	0	12	16	42	22	30	62	45	4	15	367
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	5	0	26	7	0	58
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
Schleie	0	0	8	1	0	0	1	0	10	0	1	0	9	0	6	36
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Barbe	102	61	54	295	657	59	4	118	57	161	81	1'249	43	22	81	3'044
Laube/Ukelei	0	0	4	0	0	0	13	1	29	81	751	55	334	25	75	1'368
Schneider	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	41	0	0	0	1	50
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	37	224	80	5	374	7	9	736
Brachsen	0	0	2	1	0	0	17	0	263	23	37	4	408	0	368	1'123
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Aal	9	0	4	1	2	1	1	0	7	1	6	2	3	0	6	43
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	3	2	16	0	15	5	16	2	0	59
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	112	61	165	337	711	60	81	141	538	563	1'124	1'499	2'116	107	3'215	10'830
Artenzahl	3	1	9	7	4	2	11	5	16	7	15	9	15	7	12	23
N Tage kontrolliert	30	30	30	30	30	30	22	30	30	30	26	22	30	30	21	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGBP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass

* Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 26 > Aufstiegsdaten Oktober 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	1	9	0	0	0	0	0	3	2	3	2	0	0	20
Regenbogenforelle	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Bachsaiibling	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Äsche	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	150	0	0	0	22	0	16	2	15	612	282	41	618	1758
Hasel	0	0	9	0	0	0	2	0	7	0	29	9	0	0	0	56
Alet/Döbel	0	0	61	7	0	0	2	15	17	5	3	22	1	1	8	142
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	5	0	0	0	15
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	8
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Barbe	0	2	31	1'468	60	8	5	14	31	178	76	366	15	6	89	2'349
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	24	14	0	8	41	89
Schneider	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9	1	0	0	0	11
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	13	6	0	0	0	26
Brachsen	0	0	5	0	0	0	5	0	17	0	1	22	4	0	233	287
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	3	0	4	0	39	0	0	2	0	48
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	0	2	259	1'487	60	11	40	30	103	196	215	1'069	304	60	990	4'826
Artenzahl	0	1	8	5	1	2	7	3	8	7	13	13	5	6	6	20
N Tage kontrolliert	31	31	16	31	31	31	31	31	31	31	31	20	31	31	21	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschiltzpass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 27 > Aufstiegsdaten November 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	0	7	0	6	0	1	0	1	3	2	1	0	1	22
Regenbogenforelle	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	4
Bachsaibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	105	8	22	158	298
Hasel	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	5
Alet/Döbel	0	0	10	1	0	0	1	13	0	0	5	6	0	2	0	38
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	28	1	2	0	33
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	0	0	0	13
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	0	0	1	161	2	12	0	0	0	1	13	8	0	0	5	203
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	5
Schneider	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4
Brachsen	0	0	0	0	0	0	1	0	9	0	0	3	0	0	5	18
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Summe	0	0	13	172	2	18	8	14	14	4	34	166	11	26	170	652
Artenzahl	0	0	4	5	1	2	5	2	6	4	9	9	4	3	5	17
N Tage kontrolliert	30	30	27	30	30	30	30	30	30	30	30	22	30	30	22	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass.

* Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 28 > Aufstiegsdaten Dezember 2005

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	0	16	0	5	0	0	0	0	1	2	1	3	2	30
Regenbogenforelle	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Hasel	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
Alet/Döbel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	5
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schneider	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	0	0	0	20	0	5	1	0	5	0	6	4	1	5	3	50
Artenzahl	0	0	0	2	0	1	1	0	2	0	4	2	1	3	2	10
N Tage kontrolliert	31	4	0	31	31	31	31	31	31	31	30	17	31	31	21	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschiltzpass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 29 > Aufstiegsdaten Januar 2006

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	6
Regenbogenforelle	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Hasel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alet/Döbel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schneider	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachsen	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	8	3	0	2	5	22
Artenzahl	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2	2	0	1	3	8
N Tage kontrolliert	31	0	0	31	31	31	31	31	31	31	31	22	31	31	22	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass

* Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 30 > Aufstiegsdaten Februar 2006

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
Regenbogenforelle	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bachsaibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
Hasel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alet/Döbel	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	1	0	9
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schneider	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3
Zander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	0	0	0	0	0	2	1	14	1	0	2	3	0	2	0	25
Artenzahl	0	0	0	0	0	2	1	4	1	0	2	3	0	2	0	8
N Tage kontrolliert	28	0	0	28	28	28	28	28	28	28	27	20	28	28	20	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschleisspass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 31 > Aufstiegsdaten März 2006

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGBP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regenbogenforelle	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3
Bachsaiibling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äsche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotauge	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Hasel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alet/Döbel	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	6
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elritze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotfeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schleie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Laube/Ukelei	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Schneider	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blicke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Flussbarsch/Egli	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
Zander	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kaulbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonnenbarsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weitere	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Summe	0	0	0	0	0	0	2	10	1	2	1	0	0	2	1	19
Artenzahl	0	0	0	0	0	0	2	5	1	1	1	0	0	2	1	9
N Tage kontrolliert	31	0	0	31	25	24	26	24	31	30	25	23	27	24	23	

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGBP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

Tab. 32 > Aufstiegsdaten April 2005–März 2006

Kraftwerk	Schaffhausen W, BP	Eglisau MP, BP	Reckingen W, BP	Reckingen MH, BP	Albruck-Dogern W, BP	Albruck-Dogern MH, BP	Laufenburg W, BP	Laufenburg MH, BP	Säckingen MH, BP	Ryburg-Schwör- stadt MP, BP	Rheinfelden W, R, RGGP *	Augst MH, VSP	Wyhlen MH, BP	Wyhlen W, Fischlift	Birsfelden W, BP	Summe
Forellen	0	15	14	64	46	14	3	14	16	8	27	28	12	5	14	280
Regenbogenforelle	1	0	4	9	0	8	3	1	12	4	1	3	1	0	2	49
Bachsaibling	0	0	1	2	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	7
Äsche	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	1	7
Felchen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Rotauge	0	0	475	2	0	0	94	59	62	58	170	1'403	2'464	130	4'720	9'637
Hasel	0	0	219	35	0	0	88	31	67	0	52	11	27	1	4	535
Alet/Döbel	16	0	474	175	130	0	147	133	275	52	94	160	114	15	111	1'896
Strömer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Elritze	1	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	8
Rotfeder	0	0	0	0	2	0	7	28	32	1	6	34	79	11	10	210
Rapfen/Schied	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	11	1	4	22
Schleie	0	0	23	1	0	1	2	0	20	1	5	0	10	0	11	74
Nase	0	0	0	1	0	0	2	2	1	2	14	38	1	3	93	157
Gründling	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	10	0	2	0	0	17
Barbe	10'451	246	212	4'041	11'516	118	236	438	399	1'948	212	3'333	165	144	1'327	34'786
Laube/Ukelei	38	0	27	0	0	0	61	3	29	83	833	116	487	53	255	1'985
Schneider	0	0	10	4	0	0	7	4	3	1	122	12	4	0	1	168
Blicke	0	0	0	0	0	0	1	0	47	230	194	48	491	7	499	1'517
Brachsen	0	0	8	1	0	0	89	40	441	24	67	66	831	11	1'006	2'584
Karausche	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4
Karpfen	0	0	1	0	0	0	0	4	4	0	0	2	6	2	7	26
Bartgrundel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Wels	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	0	2	10
Aal	37	0	19	21	6	41	12	10	11	6	22	50	23	2	41	301
Hecht	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	1	0	2	1	11
Flussbarsch/Egli	0	0	1	2	0	0	22	12	77	1	113	6	41	13	4	292
Zander	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Kaulbarsch	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	4
Sonnenbarsch	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
weitere	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	6
Summe	10'544	261	1'495	4'358	11'700	183	776	787	1'515	2'423	1'953	5'316	4'776	401	8'114	54'602
Artenzahl	6	2	19	13	5	6	17	18	24	17	21	19	23	16	21	34
N Tage kontrolliert	365	243	226	365	352	343	343	352	365	355	332	249	355	348	258	4'973

Legende: Lage der FAH: MH = Maschinenhaus; W = Wehr/Stauwehr; MP = Mittelpfeiler; Typ: BP = konventioneller Beckenpass; RGGP = Raugerinne-Beckenpass; VSP = Vertikalschlitzpass
 * Kraftwerk Rheinfelden: April 2006 (Neubau FAH, Zählung vom 9.7.2005–8.7.2006)

A2 Bewertung der FAH nach technischen Kriterien und Fischaufstieg

Kraftwerk Schaffhausen, Beckenpass beim Wehr rechtsufrig

Bei geöffneter Wehrklappe ist die Lage des Einstiegs günstig, eine Leitströmung kann sich aber nicht ausbilden (Rückströmung quer zur Fliessrichtung). Bei geschlossener Wehrklappe liegt der Einstieg der FAH weit abseits der Hauptströmung, Eine Leitströmung ist aber erkennbar. Die Fliessgeschwindigkeit im Einstiegsbereich war gemäss Messungen von Staub & Gerster (1992) im Jahr 1985 zu gering. Die Dotierung der FAH ist für ein Gewässer der Grössenordnung des Hochrheins viel zu gering, müssten doch nach Larinier (1983), 1–5 % des Rhein-Abflusses während der Fischwanderphase die FAH durchfliessen. Auch die Dimension der Becken (Länge, Breite) reicht für eine FAH in einem Gewässer der Barbenregion bei weitem nicht aus und wird nach den Kriterien von Schwevers et al. (2005) als schlecht beurteilt.

technische Beurteilung

Die sehr hohen Fischaufstiegsfrequenzen stehen sehr schlechte Bewertungen aller übrigen Parameter gegenüber: Artenvielfalt, Längenverteilung (grosse und kleine Fische) sowie die zeitliche Ausdehnung des Fischaufstiegs lagen in der tiefsten Bewertungsstufe. Der Schneider war durch kein einziges Exemplar vertreten. Die Gesamtbewertung anhand des Fischaufstiegs fiel entsprechend tief aus: Der Mittelwert der Parameter aus Tab. 10–11 (ohne gefährdete Arten) lag auf einer Skala von 0 (sehr schlecht) bis 5 (sehr gut) bei **0,8**.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.08
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.05
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.12
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.12
V _{min} Kronenausschnitt [m/s]	0.59
V _{min} Schlupfloch [m/s]	0.86
Höhendifferenz Becken [m]	0.15
Schlupfloch-Breite [m]	0.20
Schlupfloch-Höhe [m]	0.30
Länge Becken [m]	1.10
Breite Becken [m]	0.80
Wassertiefe Becken [m]	1.60
V _{max} Kronenausschnitt [m/s]	1.84
V _{max} Schlupfloch [m/s]	1.63
Leistungsdichte (Turbulenz)	130

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	28.89	1.0
% aufsteigende Arten	0.36	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	1.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.10	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	20.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	0.80
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Eglisau, Beckenpass im Mittelpfeiler

Der Einstieg in die FAH liegt zwar nur 5 m unterhalb des Wehres, befindet sich aber bei geöffneter und geschlossener Wehrklappe abseits der Hauptströmung. Zudem können Fische, die dem Ufer entlang wandern, den Einstieg im Mittelpfeiler kaum finden. Die Lage ist somit ungünstig. Eine Leitströmung kann sich gemäss Staub & Gerster (1992) bei geöffneter und geschlossener Wehrklappe ausbilden, verläuft aber quer zur Fliessrichtung des Rheins. Die Dotierung der FAH ist gering und in mehreren weiteren sehr wichtigen technischen Parametern wie Fliessgeschwindigkeit, Leistungsdichte und vor allem der riesige **Höhenunterschied von 61 cm** zwischen zwei aufeinander folgenden Becken wurde die Anlage als schlecht bewertet.

technische Beurteilung

Die schlechten technischen Bewertungen schlagen sich auch im Fischaufstieg wieder. Mit Ausnahme der Zahl aufsteigender Fische (schlecht) des Anteils von Fischen unter 15 cm Länge (ungenügend) erzielte die Anlage durchgehend sehr schlechte Wertungen, was in einem Durchschnittswert von **0,4** auf einer Skala von 0–5 zum Ausdruck kommt. Die Anlage wird stillgelegt und durch einen Fischpass und einen Fischlift ersetzt.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.26
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.08
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.35
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.35
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	1.84
V min Schlupfloch [m/s]	2.67
Höhendifferenz Becken [m]	0.61
Schlupfloch-Breite [m]	0.30
Schlupfloch-Höhe [m]	0.30
Länge Becken [m]	2.00
Breite Becken [m]	2.40
Wassertiefe Becken [m]	1.50
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	2.36
Vmax Schlupfloch [m/s]	3.27
Leistungsdichte (Turbulenz)	288

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	1.07	1.0
% aufsteigende Arten	0.08	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	0.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.16	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	23.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	0.40
--	------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Staustufe Reckingen, mit 2 FAH ausgerüstet
Reckingen, Beckenpass beim Maschinenhaus rechtsufrig

Der Einstieg der FAH ist etwa 45 m von der Rückgabe des turbinierten Wassers entfernt und liegt bei hohen wie niedrigen Abflüssen uferseitig am rechten Rand der Hauptströmung. Auch eine Leitströmung bildet sich aus, wie Tracerversuche durch Staub & Gerster (1992) zeigten. Die Auffindbarkeit der FAH ist somit als gut einzustufen. Die Dotierung der FAH entspricht in etwa dem Median aller Anlagen am Hochrhein, liegt aber weit unter den Anforderungen nach Larinier (1983), wonach 1–5 % des Rhein-Abflusses während der Fischwanderphase die FAH durchfliessen müssten. Messungen im Jahr 1985 ergaben, dass die Fliessgeschwindigkeit im Einstiegsbereich zu gering war (Staub & Gerster 1992).

technische Beurteilung

Die Höhendifferenz zwischen den Becken und auch die Leistungsdichte sind zwei wichtige Parameter, die als sehr schlecht bewertet wurden. Die genannten Defizite schränken die Passierbarkeit der Anlage ein.

In der Dauer des Fischaufstiegs hob sie sich dagegen positiv von den übrigen Anlagen ab. Hinsichtlich der Artenvielfalt, der Frequentierung durch den Schneider und auch der Längenvielfalt (grosswüchsige Arten wie Hecht, Karpfen oder Wels fehlen vollständig) wurde die FAH in die tiefste Klasse eingestuft. Die Gesamtbewertung von **1,5** auf einer Skala von 0–5 weist auf relativ grosse Defizite hin.

Beurteilung anhand
des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.24
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.20
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.44
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.44
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.58
V min Schlupfloch [m/s]	0.91
Höhendifferenz Becken [m]	0.35
Schlupfloch-Breite [m]	0.35
Schlupfloch-Höhe [m]	0.50
Länge Becken [m]	1.60
Breite Becken [m]	1.60
Wassertiefe Becken [m]	1.50
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.85
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.83
Leistungsdichte (Turbulenz)	391

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	11.94	1.0
% aufsteigende Arten	0.39	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	3.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.01	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.12	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	41.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.50
---	-------------

Techn. Bewertung nach
Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des
Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Reckingen, Beckenpass beim Wehr linksufrig

Der Einstieg des Fischpasses liegt relativ weit, ca. 100 m unterhalb des Wehres. Bei geringem Abfluss reduziert sich die Auffindbarkeit zusätzlich, da die Hauptströmung auf der gegenüberliegenden Flusshälfte verläuft. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass in Reckingen beide Ufer mit einer FAH ausgerüstet sind. Tracerversuche visualisierten bei niedrigem und vor allem bei hohem Abfluss eine sichtbare Leitströmung (Staub & Gerster 1992). Die Dotierung entspricht dem Median aller FAH am Hochrhein, erfüllt aber nicht die Anforderungen nach Larinier (1983). Die Fliessgeschwindigkeit im Einstiegsbereich war im Jahr 1985 gemäss Messungen von Staub & Gerster (1992) nicht ausreichend hoch.

technische Beurteilung

Die Passierbarkeit des Beckenpasses wird durch zwei Eigenschaften eingeschränkt: Die Höhendifferenz zwischen den Becken ist für ein Gewässer der Barbenregion zu hoch und auch die Turbulenz in den Becken (Leistungsdichte) ist zu gross. Beide Parameter wurden als schlecht bewertet.

Trotz der hohen Höhendifferenz zwischen den Becken konnten relativ viele kleine Fische aufsteigen. Dieser positive Aspekt wurde durch schlechte Bewertungen in folgenden wichtigen Kriterien relativiert: Artenvielfalt, Aufstiegsfrequenz grosswüchsiger Arten und des Schneiders. Die Gesamtbewertung auf einer Skala von 0–5 lag bei **1,8**, woraus sich ein deutliches Verbesserungspotenzial ableiten lässt.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.26
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.18
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.44
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.44
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	1.07
V min Schlupfloch [m/s]	1.28
Höhendifferenz Becken [m]	0.25
Schlupfloch-Breite [m]	0.35
Schlupfloch-Höhe [m]	0.50
Länge Becken [m]	1.60
Breite Becken [m]	1.60
Wassertiefe Becken [m]	1.50
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.65
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.62
Leistungsdichte (Turbulenz)	284

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	6.62	1.0
% aufsteigende Arten	0.54	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	4.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.04	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.31	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.01	0.5
Wochen mit Aufstieg	32.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.80
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Staustufe Albrück-Dogern, mit 2 FAH ausgerüstet
Kraftwerk Albrück-Dogern Beckenpass beim Maschinenhaus linksufrig

Mit einer Entfernung von rund 160 m von der Rückgabe des turbinieren Wassers ist die Auffindbarkeit trotz der dauerhaften Lage im Bereich der Hauptströmung nur begrenzt. Eine Leitströmung war anhand der von Staub & Gerster (1992) durchgeführten Tracerversuche sichtbar, aber wegen der sehr geringen Dotation nur schwach ausgeprägt. Berücksichtigt man, dass sich die FAH im Rheinabschnitt unterhalb der Aaremündung befindet, wo die Abflüsse sehr hoch sind, so erfüllt die Dotation der Anlage die Anforderungen nach Larinier (1983) bei weiten nicht.

technische Beurteilung

Während die FAH anhand der gemessenen Fliessgeschwindigkeiten positiv bewertet wurde, sind die Dimensionen der Becken zu klein und die Turbulenz (Leistungsdichte) entsprechend viel zu hoch.

Die niedrigen Fliessgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern äusserten sich in einem hohen Anteil an kleinen Fischen, was eine sehr positive Wertung einbrachte. Die Dauer des Fischaufstiegs wurde als ungenügend eingestuft. In allen übrigen Parametern wurde die FAH sogar in die Kategorie «sehr schlecht» eingestuft. Entsprechend tief fiel mit **0,9** die Gesamtbewertung aus, woraus die äusserst grossen Defizite deutlich werden.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.08
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.15
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.23
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.23
V _{min} Kronenausschnitt [m/s]	0.71
V _{min} Schlupfloch [m/s]	0.95
Höhendifferenz Becken [m]	0.20
Schlupfloch-Breite [m]	0.30
Schlupfloch-Höhe [m]	0.20
Länge Becken [m]	1.70
Breite Becken [m]	1.00
Wassertiefe Becken [m]	0.74
V _{max} Kronenausschnitt [m/s]	1.18
V _{max} Schlupfloch [m/s]	1.49
Leistungsdichte (Turbulenz)	353

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	0.53	1.0
% aufsteigende Arten	0.24	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	1.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.76	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	34.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	0.90
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Albrück-Dogern, Beckenpass beim Wehr linksufrig

Der Einstieg des Beckenpasses befindet sich je nach Abfluss des Rheins ca. 12–25 m unterhalb der Wehrklappen und ist relativ gut auffindbar. Die Restwasserdotierung ist so geregelt, dass die FAH auch bei geringem Abfluss im Bereich der Hauptströmung liegt. Bei geschlossenem Wehr war die Leitströmung als grosse Fahne sichtbar (Staub & Gerster 1992), bei Wehrüberfall dagegen kaum, was mit der geringen Dotation der FAH zusammenhängen dürfte.

technische Beurteilung

Während die maximal gemessenen Fliessgeschwindigkeiten auch eine Passage kleiner Fische zulassen, sind die Dimensionen der Becken (vor allem Länge) zu klein, was wiederum eine zu hohe Turbulenz (Leistungsdichte) zur Folge hat.

Der Beckenpass wurde im Laufe eines Jahres von über 10'000 Fischen frequentiert. Die übrigen Kriterien wurden aber mehrheitlich sehr schlecht bewertet, namentlich die Artenvielfalt, die Zahl gefährdeter und grosswüchsiger Arten sowie die Aufstiegsfrequenz des Schneiders. Auch betreffend die Dauer des Aufstiegs und die Frequenz kleiner Fische wurde die Anlage nur als ungenügend bzw. schlecht klassiert. Eine Gesamtbewertung mit **1,5** auf der Skala zwischen 0 und 5 weist ungeachtet der hohen Aufstiegsfrequenz auf grosse Defizite hin.

Beurteilung anhand des Fischeaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.07
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.25
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.32
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.32
V _{min} Kronenausschnitt [m/s]	0.55
V _{min} Schlupfloch [m/s]	0.98
Höhendifferenz Becken [m]	0.20
Schlupfloch-Breite [m]	0.30
Schlupfloch-Höhe [m]	0.20
Länge Becken [m]	0.90
Breite Becken [m]	1.00
Wassertiefe Becken [m]	0.70
V _{max} Kronenausschnitt [m/s]	1.39
V _{max} Schlupfloch [m/s]	1.34
Leistungsdichte (Turbulenz)	1'003

Fischeaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	33.24	1.0
% aufsteigende Arten	0.24	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	1.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.14	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	31.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.50
--	------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischeaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Staustufe Laufenburg, mit 2 FAH ausgerüstet
Kraftwerk Laufenburg, Beckenpass beim Maschinenhaus linksufrig

Der Einstieg in die FAH ist ca. 40 m von der Rückgabe des turbinieren Wassers entfernt, die Anlage wäre damit für Fische relativ gut auffindbar. Sowohl bei hohem wie bei niedrigem Abfluss kann sich keine optimale Leitströmung ausbilden, der durch Staub & Gerster (1992) eingebrachte Tracer bildete eine Wolke im Stillwasserbereich hinter dem Vorsprung. Die Dotation der FAH entspricht zwar dem Zentralwert aller untersuchten FAH am Hochrhein, liegt aber weit unter den Anforderungen gemäss Larinier (1983). Die geringe Dotation sowie der grosse Querschnitt im Einstiegsbereich dürften für die nicht optimale Leitströmung verantwortlich sein. Die Höhendifferenz zwischen den Becken ist mit 31 cm zu hoch für ein Gewässer mit hohen Anteilen karpfenartiger Fische.

technische Beurteilung

Bei der Bewertung anhand des Fischaufstiegs fällt die sehr tiefe Aufstiegsfrequenz des Schneiders auf. Auch die Aufstiegszahl aller Arten und der Anteil kleiner Fische sind niedrig. Die gemittelte Bewertung liegt bei **1,7** auf einer Skala von 0–5, ein Hinweis auf deutliches Verbesserungspotential.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.23
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.22
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.45
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.45
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.98
V min Schlupfloch [m/s]	1.56
Höhendifferenz Becken [m]	0.31
Schlupfloch-Breite [m]	0.45
Schlupfloch-Höhe [m]	0.28
Länge Becken [m]	2.00
Breite Becken [m]	2.60
Wassertiefe Becken [m]	2.00
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.46
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.91
Leistungsdichte (Turbulenz)	130

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	2.24	1.0
% aufsteigende Arten	0.62	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	4.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.01	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.11	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.01	0.5
Wochen mit Aufstieg	39.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.70
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Laufenburg, Beckenpass beim Wehr rechtsufrig

Der Einstieg in die FAH liegt nur bei Wehrüberfall im Bereich der Hauptströmung und ist 56 m von der Wehröffnung entfernt. Während die Leitströmung bei geschlossener Wehrklappe als Wolke deutlich erkennbar war, fehlte eine solche bei geöffneter Wehrklappe, vgl. Staub & Gerster (1992). Die geringe Dotation der FAH sowie der grosse Querschnitt im Einstiegsbereich dürften für die nicht optimale Leitströmung verantwortlich sein.

technische Beurteilung

Die Auffindbarkeit der FAH kann verbessert werden.

Die im Verhältnis zur Dotation relativ gross bemessenen Becken führen zu relativ geringen Turbulenzen (Leistungsdichte), was sehr positiv zu werten ist. Ansonsten waren weder sehr negative noch sehr positive technische Aspekte feststellbar.

Die Anlage wurde von grosswüchsigen Fischen nur sehr schwach benützt. Auch die Aufstiegsfrequenz aller Fische und des Schneiders sowie der Anteil kleiner Fische waren niedrig. Die Gesamtbewertung von **1,5** auf einer Skala von 0–5 weist auf relativ grosse Defizite hin.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.06
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.34
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.40
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.40
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.98
V min Schlupfloch [m/s]	0.52
Höhendifferenz Becken [m]	0.18
Schlupfloch-Breite [m]	0.23
Schlupfloch-Höhe [m]	0.28
Länge Becken [m]	2.70
Breite Becken [m]	1.40
Wassertiefe Becken [m]	2.00
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.43
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.62
Leistungsdichte (Turbulenz)	94

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	2.27	1.0
% aufsteigende Arten	0.58	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	3.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.02	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.15	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	37.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.50
--	------

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Säcking, Beckenpass beim Maschinenhaus rechtsufrig

Der Einstieg in die FAH befindet sich immer am rechten Ufer im Bereich der Hauptströmung 61 m von der Wasserrückgabe entfernt. Eine Leitströmung war gemäss Tracerversuchen von Staub & Gerster (1992) weder bei geringem Abfluss optimal (Ablenkung der Fahne zu den Turbinen hin) noch bei hohem (keine Leitströmung sichtbar), was unter anderem mit der im Vergleich mit den anderen FAH sehr geringen Dotation zusammenhängen dürfte. Die Auffindbarkeit der Anlage kann somit erheblich verbessert werden.

technische Beurteilung

Die geringe Höhendifferenz zwischen den Becken führt zu niedrigen Fliessgeschwindigkeiten, die auch kleinen Fischen den Aufstieg ermöglichen. Wegen des grossen Beckenvolumens ist zudem die Turbulenz (Leistungsdichte) tief, auch ein positiver Aspekt für kleine Fische und Arten, die empfindlich auf Turbulenz reagieren wie der Hecht. Anhand der technischen Merkmale, die die Passierbarkeit beschreiben, schneidet die FAH relativ gut ab.

Ein sehr hoher Anteil der Arten, die im Unterwasser vorkommen, konnten auch im Fischaufstieg nachgewiesen werden. Dies ist ein wichtiger positiver Aspekt. Zudem benützte eine grosse Zahl gefährdeter Arten die FAH. Die Aufstiegsfrequenz des Schneiders ist dagegen sehr niedrig, die Gesamtaufstiegszahl liegt unter dem Durchschnitt der übrigen Anlagen, und der Anteil kleiner Fische ist tief. Die Gesamtbewertung anhand des Fischaufstiegs erreicht auf einer Skala von 0–5 den Wert **2,2**. Es ist somit ein deutliches Verbesserungspotenzial auszumachen.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.15
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.06
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.21
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.21
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.23
V min Schlupfloch [m/s]	1.10
Höhendifferenz Becken [m]	0.16
Schlupfloch-Breite [m]	0.30
Schlupfloch-Höhe [m]	0.40
Länge Becken [m]	1.80
Breite Becken [m]	1.80
Wassertiefe Becken [m]	2.00
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.49
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.35
Leistungsdichte (Turbulenz)	50

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	4.15	1.0
% aufsteigende Arten	0.95	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	6.00	0.0
Anz. Schneider/Tag	0.01	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.11	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.02	0.5
Wochen mit Aufstieg	39.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	2.20
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt, Beckenpass im Mittelpfeiler

Die FAH verläuft im Mittelpfeiler des Kraftwerks und ist deshalb für entlang der Ufer aufsteigende Fische schwer auffindbar. Zwei Öffnungen ermöglichen aber von der Wehrseite und von der Maschinenhausseite her kommenden Fischen, einzusteigen. Die Öffnungen liegen relativ nahe bei den Hindernissen: ca. 60 m unterhalb des Wehres bzw. ca. 30 m unterhalb des Turbinenauslasses. Gegen die Turbinen hin war unabhängig vom Abfluss eine Leitströmung feststellbar. Auf der Wehrseite war eine Leitströmung nur bei geringem Abfluss vorhanden, wie Färbversuche von Staub & Gerster (1992) zeigten. Die Dotation der FAH, entspricht zwar dem Zentralwert aller untersuchten FAH am Hochrhein, liegt aber weit unter den Anforderungen gemäss Larinier (1983).

technische Beurteilung

Die Passierbarkeit der Anlage wird durch die grosse Höhendifferenz zwischen den Becken und die damit zusammenhängende hohe Fliessgeschwindigkeit in den Schlupflöchern beeinträchtigt. Auch die Turbulenz (Leistungsdichte) ist sehr hoch und behindert kleine Fische und Arten wie Hecht oder Zander, die empfindlich auf starke Turbulenzen reagieren.

Die erwähnten Defizite wirken sich direkt negativ auf den Fischaufstieg aus. So fehlten sowohl grosswüchsige Arten wie Hecht, Wels und Karpfen vollständig. Auch Kleinfischarten wie der Schneider fehlen weitgehend. Positiv zu werten ist der hohe Anteil der im Unterwasser lebenden Arten, die die Anlage nutzen können. Die Gesamtbewertung anhand des Aufstiegs lag in der von 0–5 reichenden Skala bei **1,9**. Die Anlage kann somit gemessen am heutigen Stand der Technik stark verbessert werden.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.17
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.23
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.40
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.40
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.93
V min Schlupfloch [m/s]	1.52
Höhendifferenz Becken [m]	0.31
Schlupfloch-Breite [m]	0.35
Schlupfloch-Höhe [m]	0.25
Länge Becken [m]	1.90
Breite Becken [m]	2.00
Wassertiefe Becken [m]	0.90
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.23
Vmax Schlupfloch [m/s]	2.19
Leistungsdichte (Turbulenz)	353

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	6.83	1.0
% aufsteigende Arten	0.75	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	3.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.15	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.00	0.5
Wochen mit Aufstieg	34.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.90
--	------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

**Staustufe Rheinfeldern, mit 2 FAH ausgerüstet, Wehr links/rechts
Kraftwerk Rheinfeldern, Raugerinne-Beckenpass beim Wehr rechtsufrig**

Die Auffindbarkeit der FAH ist erschwert, da Fische, die entlang des rechten Ufers aufsteigen, die Turbinenströmung queren müssen, um zum Einstieg zu gelangen. Dieser befindet sich je nach Abfluss des Rheins 30–50 m unterhalb des Wehres an einer günstigen Stelle. Die Leitströmung ist dank der Lockwasserzugabe deutlich auszumachen (Kap. 3.2.1). Auch die Dotation (inkl. Lockwasser) liegt weit über dem Durchschnitt aller anderen FAH.

technische Beurteilung

Sehr positiv für die Passierbarkeit ist die Natursohle und die damit zusammenhängenden sehr geringen Fliessgeschwindigkeiten im Grenzbereich zur Sohle (kleine und bodenorientierte Fische) sowie die gross dimensionierten Engstellen zwischen den Becken (grosswüchsige Arten). Die Turbulenz in den Becken ist eher hoch, wird aber durch 2 grosse Ruhebecken kompensiert.

Die neu erbaute Anlage fällt gleich in vielerlei Hinsicht positiv auf: Ein hoher Anteil der im Unterwasser vorkommenden Arten schafft den Aufstieg. Der Schneider und generell kleine Fische steigen häufig auf. Auch hinsichtlich der Zahl der Wochen mit Fischaufstieg liegt die Anlage an der Spitze. In keinem Kriterium schneidet sie schlecht oder sehr schlecht ab. Die Gesamtbeurteilung anhand des Fischaufstiegs liegt in der Skala von 0–5 bei **4,0**. Das Verbesserungspotenzial ist nach dem heutigen Stand der Technik nur begrenzt.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.35
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.26
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.61
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	1.10
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	1.71
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.14
V min Schlupfloch [m/s]	0.14
Höhendifferenz Becken [m]	0.17
Schlupfloch-Breite [m]	0.33
Schlupfloch-Höhe [m]	0.90
Länge Becken [m]	2.50
Breite Becken [m]	3.00
Wassertiefe Becken [m]	0.80
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.14
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.54
Leistungsdichte (Turbulenz)	149

Fischaufstieg in der FAH Juli 2005–Juli 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	5.88	1.0
% aufsteigende Arten	0.73	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	3.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.37	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.39	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.02	0.5
Wochen mit Aufstieg	42.00	1.0

Wegen Bauarbeiten wurden beim Beckenpass am linken Ufer keine Zählungen durchgeführt.

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	4.00
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Staustufe Augst-Wyhlen, mit 3 FAH ausgerüstet, Maschinenhaus links und rechts und Wehr Kraftwerk Augst, Vertikalschlitzpass beim Maschinenhaus rechtsufrig

Sowohl die Lage des Einstiegs (am linken Rand der Turbinenströmung, nur ca. 6 m von der Wasserrückgabe entfernt) als auch die gut ausgeprägte Leitströmung machen den Vertikalschlitzpass für Fische sehr gut auffindbar (Kap. 3.2.1). Die Leitströmung wird unter anderem durch die gemessen an den übrigen FAH hohe Dotierung (inkl. Lockwasserzugabe) positiv beeinflusst.

technische Beurteilung

Die Fliessgeschwindigkeiten im Grenzbereich Wasser-Sohle sind dank der Natursohle in den Becken niedrig und erlauben auch kleinen und bodenorientierten Fischen eine Passage. Die grossen Schlitzlöcher können auch grosse Fische durchschwimmen. Negativ wurde die hohe Turbulenz (Leistungsdichte) bewertet.

Dank der geringen Fliessgeschwindigkeiten passierten die FAH sehr viele kleine Fische, was ihr die höchste Wertung einbrachte. Der Vertikalschlitzpass erhielt ebenfalls hohe Bewertung anhand der Gesamtaufstiegsfrequenz, der Zahl gefährdeter Arten und der Dauer des Fischeaufstiegs in Wochen. Schlecht schnitt sie in keinem beurteilten Kriterium ab. Der Gesamtbewertung von **3,4** auf einer Skala von 0–5 kann man entnehmen, dass weitere Verbesserungen nach dem heutigen Stand der Technik begrenzt möglich sind. Möglichkeiten bietet ein naturnaheres Design wie das Beispiel Rheinfelden (Bewertung 4,0) zeigt.

Beurteilung anhand des Fischeaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.42
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.42
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	1.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	1.42
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.00
V min Schlupfloch [m/s]	0.13
Höhendifferenz Becken [m]	0.20
Schlupfloch-Breite [m]	0.30
Schlupfloch-Höhe [m]	1.50
Länge Becken [m]	2.10
Breite Becken [m]	1.80
Wassertiefe Becken [m]	1.20
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.19
Leistungsdichte (Turbulenz)	190

Fischeaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	21.36	1.0
% aufsteigende Arten	0.61	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	5.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.05	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.32	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.02	0.5
Wochen mit Aufstieg	44.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	3.40
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischeaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Wyhlen , Beckenpass beim Maschinenhaus rechtsufrig

Der Einstieg liegt heute am rechten Ufer im Bereich der Hauptströmung, ca. 50 m unterhalb der Rückgabe des turbinieren Wassers. Die Leitströmung ist dank einer Blende im Einstiegsbereich gut ausgebildet. Durch Umbauten soll die Auffindbarkeit weiter verbessert werden (Kap. 3.2.1). Die Dotation der FAH liegt leicht über dem Zentralwert aller untersuchten FAH am Hochrhein, aber weit unter den Anforderungen gemäss Larinier (1983).

technische Beurteilung

Bei der Bewertung der Passierbarkeit waren die Höhendifferenz zwischen den Becken und damit die Fliessgeschwindigkeit in den Engstellen relativ schlecht ab. Dasselbe gilt für die Breite der Schlupflöcher. Dank der gross dimensionierten Becken ist die Turbulenz (Leistungsdichte) relativ gering.

Die sehr geringe Aufstiegsfrequenz des Schneiders dürfte wohl primär auf die fehlende Natursohle zurückzuführen sein. Ein hoher Anteil der im Unterwasser lebenden Fische schaffte den Aufstieg, was der Anlage eine gute Wertung eintrug. In der Gesamtbeurteilung anhand des Fischaufstiegs erreichte der Beckenpass auf einer Skala zwischen 0 und 5 die Wertung **2,4**. Einige Verbesserungen sind noch möglich. Neben der bereits geplanten Verlegung des Einstiegs zum Turbinenauslass hin und der Reduktion der Höhendifferenz zwischen den Becken, sind vor allem zwei Massnahmen Erfolg versprechend: Erhöhung des Abflusses gemäss Larinier (1983) und Erhöhung des Natürlichkeitsgrades (Natursohle, Raugerinne).

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.10
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.37
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.47
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.47
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	0.78
V min Schlupfloch [m/s]	1.48
Höhendifferenz Becken [m]	0.20
Schlupfloch-Breite [m]	0.20
Schlupfloch-Höhe [m]	0.30
Länge Becken [m]	3.00
Breite Becken [m]	3.00
Wassertiefe Becken [m]	1.00
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.07
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.92
Leistungsdichte (Turbulenz)	103

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	13.45	1.0
% aufsteigende Arten	0.68	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	4.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.01	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.25	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.02	0.5
Wochen mit Aufstieg	34.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	2.40
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Wyhlen, Fischlift beim Wehr auf der rechten Seite

Die FAH ist wichtig, auch wenn die Zahl der Fische, die den Weg übers Wehr wählen, begrenzt ist. Nur bei hohem Abfluss und Wehrüberfall liegt die FAH im Bereich der Hauptströmung. Der Einstieg liegt in der rechten Ecke des Wehres, 5 m unterhalb der Wehrschütze. Für Fische, die den Weg via Wehr gewählt haben, ist die Auffindbarkeit sehr gut und die Leitströmung ist deutlich ausgeprägt (Kap. 3.2.1). Strukturen in der Sohle reduzieren die Fliessgeschwindigkeit im Einstieg, so dass auch schwache Schwimmer in den Lift gelangen können. Der Fischlift wird höher als die meisten FAH des Hochrheins dotiert (1,2 m³/s). Hinsichtlich der Durchwanderbarkeit kann der Fischlift nicht nach den für Fischpässe gültigen Kriterien bewertet werden.

technische Beurteilung

Die Strömungsberuhigung im Sohlenbereich des Einstiegs wirkt sich positiv aus auf den Anteil kleiner Fische aus – ein Drittel der aufsteigenden Fische war unter 15 cm. Zudem ist die Periode mit Fischeaufstieg im Fischlift ausgedehnter als bei den meisten anderen FAH des Hochrheins.

Beurteilung anhand des Fischeaufstiegs

Dagegen konnte der Schneider in der Anlage nicht nachgewiesen werden, und der Prozentsatz der Arten des Unterwassers, die den Aufstieg schaffen, ist nur gering, ebenso wie die Aufstiegsfrequenz aller Arten. Diese beiden standortbedingten Kriterien bewirken, dass die Gesamtbewertung relativ tief ausfällt (1,9 auf einer Skala von 0–5). Im Verbund mit den beiden anderen FAH ist der Fischlift wertvoll, was in der sehr hohen Bewertung der Staustufe als Ganzes zum Ausdruck kommt (Tab. 9).

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m ³ /s]	
Abfluss Kronenausschnitt [m ³ /s]	
Abfluss FAH [m ³ /s] (1)	1.20
Abfluss Leitströmung [m ³ /s] (2)	0.00
Abfluss Total [m ³ /s] (1+2)	1.20
V _{min} Kronenausschnitt [m/s]	
V _{min} Schlupfloch [m/s]	0.10
Höhendifferenz Becken [m]	
Schlupfloch-Breite [m]	
Schlupfloch-Höhe [m]	
Länge Becken [m]	
Breite Becken [m]	
Wassertiefe Becken [m]	
V _{max} Kronenausschnitt [m/s]	
V _{max} Schlupfloch [m/s]	
Leistungsdichte (Turbulenz)	

Fischeaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	1.15	1.0
% aufsteigende Arten	0.54	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	3.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.33	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.01	0.5
Wochen mit Aufstieg	41.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	1.90
--	-------------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischeaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genugend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

Kraftwerk Birsfelden, Beckenpass beim Wehr rechtsufrig

Der Einstieg in die FAH befindet am rechten Ufer relativ weit (ca. 110 m) unterhalb des Wehres. Die Auffindbarkeit der FAH für Fische ist deshalb relativ erschwert. Zudem liegt die Anlage in Zeiten ohne Wehrüberfall weit abseits der Hauptströmung. Die Dotierung des Beckenpasses liegt leicht über dem Zentralwert der übrigen Anlagen, erfüllt aber nicht die Anforderungen von Larinier (1983). Mit und ohne Wehrüberfall ist eine Leitströmung erkennbar: Bei fehlendem Wehrüberfall wird das Wasser zum Teil flussaufwärts abgelenkt.

technische Beurteilung

Bei der Beurteilung der Passierbarkeit erhielt vor allem die grosse Höhendifferenz zwischen den Becken eine schlechte Bewertung. Die gemessenen Fliessgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern und Kronenausschnitten wurden dagegen relativ gut taxiert.

Die Bewertung anhand des Fischaufstiegs fiel relativ gut aus: Die Aufstiegsfrequenz war sehr hoch, ein hoher Prozentsatz der im Unterwasser lebenden Arten stieg auf und der Anteil gross wachsender Fischarten war überdurchschnittlich hoch. Auch hinsichtlich der Aufstiegsdauer und der Zahl der gefährdeten Arten erhielt der Beckenpass gute Wertungen. Der Schwachpunkt lag klar in der schlechten Passierbarkeit für kleine Fische (Schneider, Fische unter 15 cm). In der Gesamtbewertung anhand des Fischaufstiegs erzielte der Beckenpass das drittbeste Ergebnis (3,4 bei einer Skala von 0–5). Durch eine naturnahere Anlage mit natürlicher Sohle liesse sich das Ergebnis deutlich verbessern, indem auch Kleinfische und schwache Schwimmer passieren könnten.

Beurteilung anhand des Fischaufstiegs

Technische Eigenschaften der FAH

Kriterien	
Abfluss Schlupfloch [m³/s]	0.30
Abfluss Kronenausschnitt [m³/s]	0.26
Abfluss FAH [m³/s] (1)	0.56
Abfluss Leitströmung [m³/s] (2)	0.00
Abfluss Total [m³/s] (1+2)	0.56
Vmin Kronenausschnitt [m/s]	1.28
V min Schlupfloch [m/s]	0.97
Höhendifferenz Becken [m]	0.25
Schlupfloch-Breite [m]	0.60
Schlupfloch-Höhe [m]	0.40
Länge Becken [m]	2.50
Breite Becken [m]	2.50
Wassertiefe Becken [m]	2.00
Vmax Kronenausschnitt [m/s]	1.59
Vmax Schlupfloch [m/s]	1.41
Leistungsdichte (Turbulenz)	132

Fischaufstieg in der FAH April 2005–März 2006

Kriterien	Werte	Gewichtung
Anz. Fische/Tag	31.45	1.0
% aufsteigende Arten	0.79	1.0
Anz. gefährdete Arten (1-3)	5.00	0.0
Anz. Schneider / Tag	0.00	1.0
Fische ≤ 15 cm	0.14	0.5
Anz. grosse Fische/Tag	0.04	0.5
Wochen mit Aufstieg	42.00	1.0

Gesamtbewertung Aufstieg (gewichtetes Mittel Einzelw.)	3.40
--	------

Techn. Bewertung nach Schwevers et al. (2005)

Klasse A (sehr gut)
Klasse B (gut)
Klasse C (mässig)
Klasse D (unbefriedigend)
Klasse E (schlecht)
nicht beurteilt

Bewertung anhand des Fischaufstiegs (s. Tab. 10)

sehr gut
gut
genügend
ungenügend
schlecht
sehr schlecht

A3 Unterlagen Aufstiegskontrollen

A3-1 Bedienung der Kontrolleinrichtungen (Beispiel FAH Eglisau)

Da der Fischeaufstieg vor allem in der Dämmerung und bei Nacht stattfindet, ist der sinnvollste Zeitpunkt der Reusenleerung am Morgen. Die Fische müssen so am wenigsten lange in der Reuse bleiben.

Idealer Zeitpunkt der Reusenhebung

Für die Artbestimmung wird ein Bestimmungsschlüssel für die im Rhein vorkommenden Fische zur Verfügung gestellt. Zur weiteren Erleichterung der Bestimmung wird eine Zusammenstellung laminiertes Farbfotos dieser Arten abgegeben.

Artbestimmung

Fische, die nicht sicher bestimmt werden können, sollen fotografiert (Digitalkamera), in Gefrierbeutel verpackt und eingefroren werden. Bitte informieren Sie mich anschliessend, damit ich die gefrorenen Fische abholen kann.

Von Fischarten, die in grosser Zahl aufsteigen, bei denen aber Verwechslungsmöglichkeiten bestehen (Rotauge, Laube, Hasel, Alet) sollen am Anfang der Saison ebenfalls einzelne Exemplare fotografiert und eingefroren werden. Bitte informieren Sie mich auch in diesem Fall.

Seltene Fischarten wie z. B. der Strömer dürfen gemäss rechtlichen Bestimmungen in Deutschland nicht getötet werden. Alle seltenen und bedrohten Arten (**Bachneunauge, Strömer, Schneider, Nase, Bitterling**) sollen bei ihrem ersten Auftreten **fotografiert** und in geeigneten Becken **lebend aufbewahrt** werden. Bitte informieren Sie mich umgehend, damit ich diese Fische so schnell wie möglich bei Ihnen nachbestimmen kann.

Wegen der zahlreichen Rheinfischarten ist der Platz für Eintragungen beschränkt. Wenn viele Fische in der Reuse sind, kann die Anzahl auch von unten nach oben im vorgesehenen Feld eingetragen werden (siehe Beispielblatt). Im Protokoll sind folgende Eintragungen zu machen:

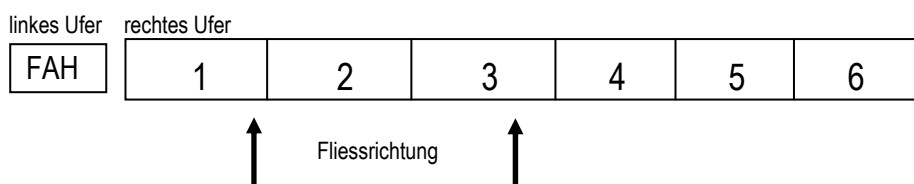
Protokollführung

- > Kontrollperson,
- > Uhrzeit,
- > Reuse in Betrieb (ja/nein),
- > Anzahl Fische (nach Arten),
- > minimale und maximale Länge der Fische,
- > Wehrüberfall fischpasseitig (ja/nein),
- > Bemerkungen (Hochwasser, Wassertrübung, Pegelstand, Einstieg im Unterwasser).

Wenn die Längenverteilung der Fische einseitig ist, z. B. 50 kleine Barben zwischen 15 und 20 cm und nur zwei grosse (65 cm bzw. 60 cm), so kann unter «**Bemerkungen**» folgendes ergänzt werden: **50 Barben 15–20 cm; 2 Barben 60/65 cm.**

Der Wehrüberfall ist nach Wehrklappen getrennt aufzunehmen. Die Situation beim Kraftwerk Eglisau präsentiert sich wie folgt: FAH = Fischaufstiegshilfe; 1–6 Nummern der Wehrklappen.

Erfassen des Wehrüberfalls
nach Wehrklappen getrennt



Wenn im Feld «Wehrüberfall» steht: **1/2/3**, so bedeutet das, dass die Schütze 1, 2 und 3, also die drei in Fließrichtung betrachtet links gelegenen, geöffnet waren. Wenn **0** steht, waren alle Schütze geschlossen.

Bei Massenaufstieg von Fischen kann eine mehrmalige Leerung pro Tag nötig werden und die datierten Protokolle reichen nicht aus für die Eintragung. Zu diesem Zweck werden undatierte Protokolle abgegeben, bei denen nebst den übrigen Eintragungen das Datum einzusetzen ist.

Massenaufstieg → Verwendung
von undatierten Protokollblättern

Ich bitte Sie um Zustellung der Protokolle an folgenden Daten: **10. April, 01. Mai und anschliessend jeweils am Monatsende**. Kraftwerke, die die Protokolle per Post schicken, werden gebeten, vor dem Versenden eine **Sicherheitskopie** zu machen, welche bis zum Ende der Zählungen im Kraftwerk bleibt. Das Original können Sie mir schicken.

Abgabe der Protokolle

Bei Problemen bei der Kontrolle, bei denen das Kraftwerk helfen kann (verstopfte Schlupflöcher etc.), ist direkt das Kraftwerkpersonal zu kontaktieren. Bei Problemen fischökologischer Natur (verletzte Fische, Schwierigkeiten bei der Artbestimmung etc.) oder anderen Sachfragen zur Reusenkontrolle ist die unten angegebene Adresse/Nummer zu kontaktieren.

Probleme bei der Kontrolle

Joachim Guthruf
Hängertstrasse 13 G
CH-3114 Wichtrach
Tel.: 0041 (0)31 781 49 40
Fax: 0041 (0)31 781 40 10
Mobile: 079 568 49 52
E-Mail: aquatica@mysunrise.ch

A3-2 Protokollblatt für die Dateneingabe (Beispiel FAH Eglisau)

Fischaufstiegskontrolle		Kraftwerk: KW Eglisau		Namen der Kontrolleure: 			
Jahr 2005		Fischpass: Mittelpfeiler					
04.04. - 10.04. Bitte Uhrzeit der Anwesenheit eintragen. 30. und Min. durch Doppelpunkt (:) getrennt.		Anzahl Fische pro Art				Bemerkungen - Hochwasser - Wasser-Tübung - Pegelstand Unterwasser (Fischpass-Einsatz) etc.	
Mo 04. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Weitere (weitere)					Vrennüberfall ? (Schmasseltg)
Di 05. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Trüsche				Trüsche Stichling Crotte Sonnenbarsch Kaulbarsch Zander Flussbarsch/Egill Hecht Aal Weiss Bartgrundel Karpfen Karsche Bitterling Brachsen Blöcke Schneider Laubzuckel Barbe Gründling Nase Schlei Raipfenschied Rotfeder Eritze Strömer Alet/Döbel Hasel Fänge Felchen Äsche Bachsilling Regenbogenforelle Forellen (Bach-, See-)	
Mi 06. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Forellen (Bach-, See-)					Lachs Bachneunauge (1=nein, 2=ja) Resue in Betrieb
Do 07. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Lachs				Lachs Bachneunauge (1=nein, 2=ja) Resue in Betrieb	
Fr 08. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Lachs					Lachs Bachneunauge (1=nein, 2=ja) Resue in Betrieb
Sa 09. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Lachs				Lachs Bachneunauge (1=nein, 2=ja) Resue in Betrieb	
So 10. 04. Uhrzeit Längen [cm] min. max.		Lachs					Lachs Bachneunauge (1=nein, 2=ja) Resue in Betrieb

A3-3 Fisch-Bestimmungsschlüssel, der dem Zählpersonal abgegeben wurde

Die hier zusammengestellten Bestimmungsunterlagen sollen es den Reusenkontrollleuten ermöglichen, die Arten der in den Reusen vorgefundenen Fische zu bestimmen. Ein Teil der im Hochrhein vorkommenden Fischarten gilt dabei als einfach bestimmbar; die schwieriger zu bestimmenden, insbesondere aus der Gruppe der Karpfenfische sind ausführlicher beschrieben. Jede Fischart ist in Farbe in der separat abgegebenen Bildokumentation abgebildet (Abbildungsnummern in Klammern).

Abbildungen (ausser Lachs, Rapfen, Bitterling und Karausche):

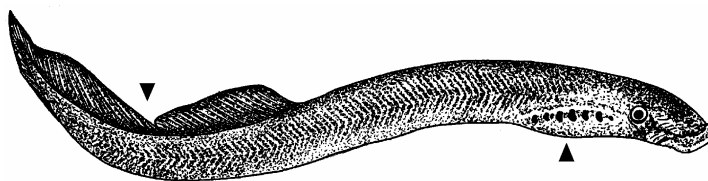
© Vinzenz Maurer, HYDRA Bern.

Neunaugen

Bachneunauge (Bild 1)

7 Kiemenöffnungen hinter dem Auge. Die beiden Rückenflossen sind miteinander verbunden.

Grösse: bis 16 cm.



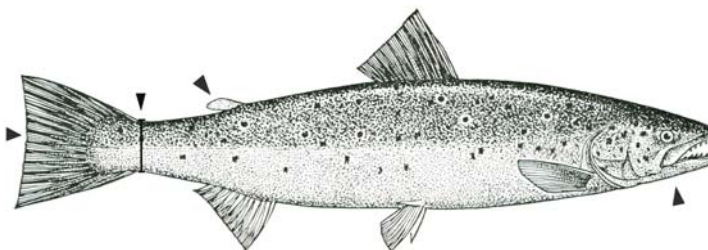
Lachsartige Fische

Die Lachsartigen Fische unterscheiden sich von allen anderen in der Schweiz lebenden Fischarten durch die Fettflosse (kleine fleischige Flosse zwischen Rücken- und Schwanzflosse).

atlantischer Lachs/Salm (Bild 2)

Im Gegensatz zur Bachforelle: Maulspalte reicht nur bis zum Auge, weniger hoher Schwanzstiel und der Hinterrand der Schwanzflosse ist kaum eingebuchtet. Fettflosse einfarbig.

Grösse: bis 150 cm.

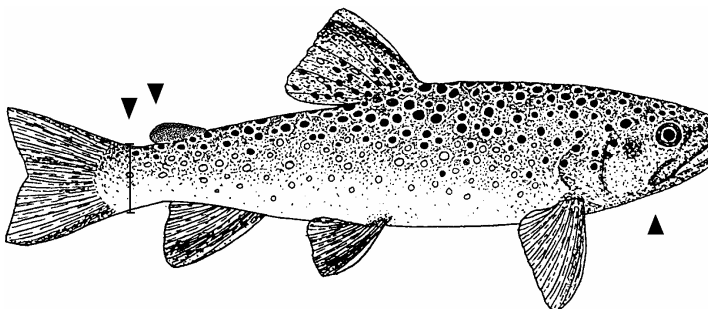


Bach-, Flussforelle (Bild 3)

Im Gegensatz zur Regenbogenforelle ohne Punkte auf der Schwanz- und Fettflosse; Fettflosse mit rotem Rand.

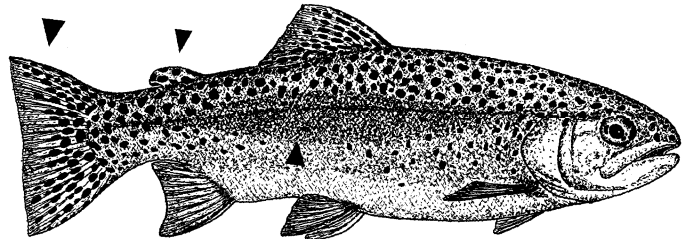
Maulspalte reicht bis hinter das Auge, hoher Schwanzstiel, eingebuchtete Schwanzflosse.

Grösse: bis 100 cm.



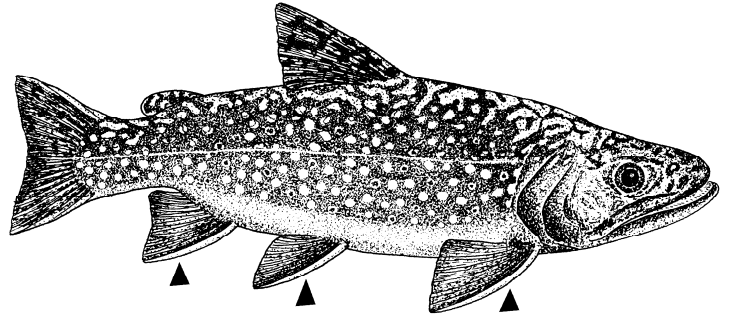
Regenbogenforelle (Bild 4)

Im Gegensatz zur Bachforelle mit Punkten auf Schwanz- und Fettflosse; regenbogenfarbig schillerndes Längsband auf der Körperflanke. Grösse: bis 70 cm.



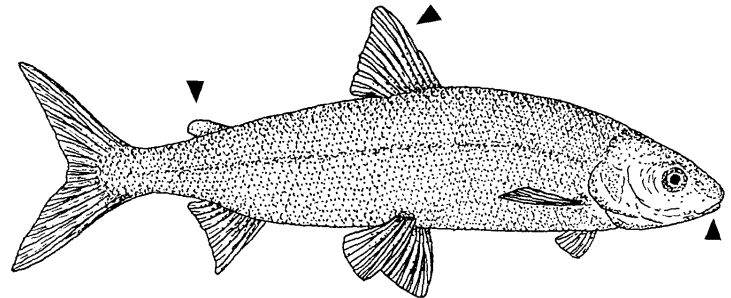
Bachsaiibling (Bild 5)

Brust-, Bauch- und Afterflossen orange mit schwarz-weissem Rand. Rücken braun und oliv marmoriert. Grösse bis 45 cm.



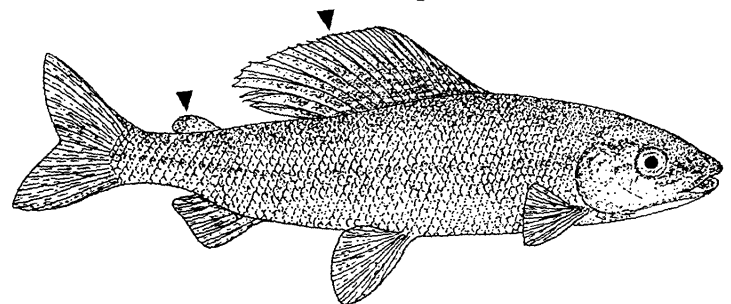
Felchen (Bild 6)

Mit Fettflosse und kurzer Rückenflosse, kleines Maul. Grösse: bis 70 cm.



Äsche (Bild 7)

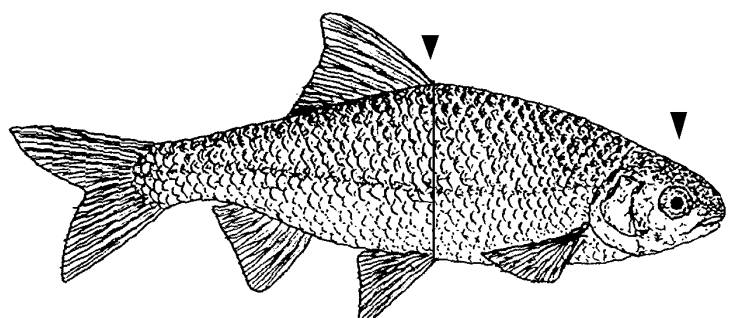
Mit Fettflosse und langer, grosser und farbiger (fahnenartiger) Rückenflosse, kleines Maul. Grösse: bis 60 cm.



Karpfenartige Fische

Hasel (Bild 9)

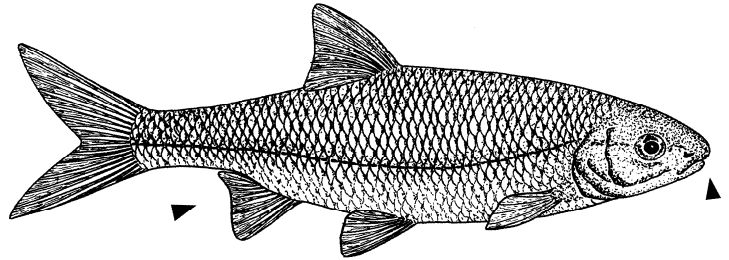
Auge rot. Vorderende der Rückenflosse senkrecht über dem Ansatz der Bauchflossen. Maul endständig. Nur Ansätze der Brust-, Bauch und Afterflossen leicht rötlich gefärbt. Bauchkante zwischen Bauchflossen und After gerundet. Verwechslungsmöglichkeit: Rotfeder, Alet, Hasel. Grösse: bis 40 cm.



Rotauge/Plötze (Bild 8)

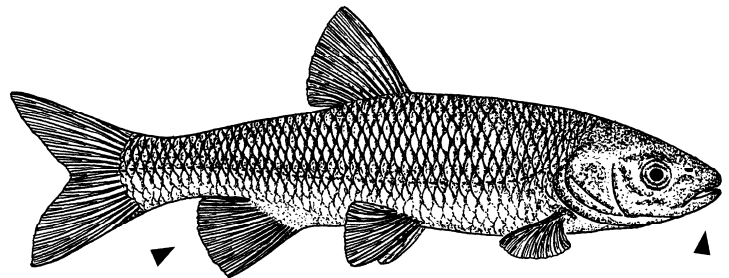
Augen gelb, Spindelförmiger Körper, im Gegensatz zum Alet seitlich etwas abgeflacht. **Rand der Afterflosse im Gegensatz zum Alet eingebuchtet.** Verwechslungsmöglichkeit: Alet, Rotauge.

Grösse: bis 30 cm.

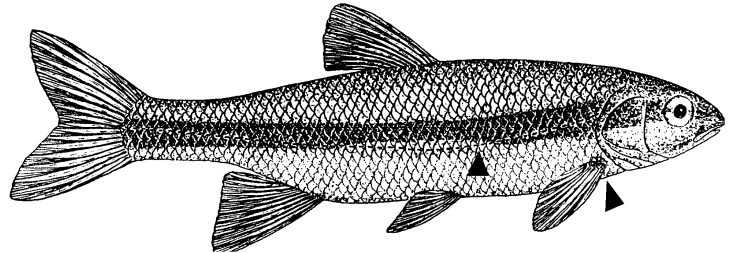
**Alet/Döbel (Bild 10)**

Gestreckter, im Querschnitt fast drehrunder Körper. Breiter Kopf. Grosse, dunkel umrandete Schuppen. **Rand der Afterflosse ausgebuchtet.** Junge Alet werden gerne mit Haseln und z. T. mit Rotaugen verwechselt!

Grösse: bis 70 cm.

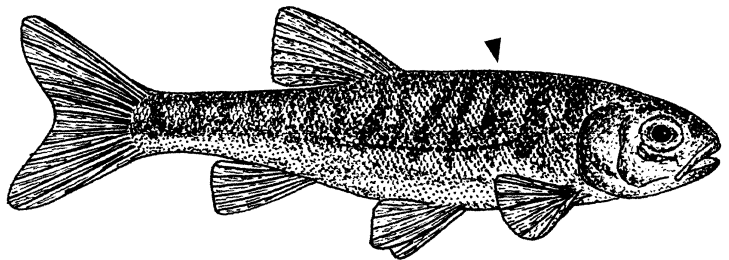
**Strömer (Bild 11)**

Langgestreckter, seitlich nur wenig abgeflachter, spindelförmiger Kleinfisch mit endständigem Maul. **Seitenlinie orangegelb.** Zur Laichzeit (März–Mai) v. a. Männchen mit violettglänzender Längsbinde oberhalb der Seitenlinie. Grösse: bis 25 cm.

**Elritze (Bild 12)**

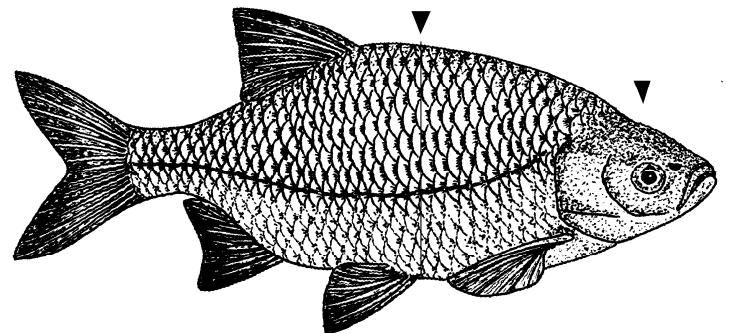
Kleine Schuppen; vom Rücken bis unter die Seitenmitte dunkle Querbinden; goldglänzender Längsstreifen; kleiner Fisch.

Grösse: bis 14 cm.

**Rotfeder (Bild 13)**

Auge gelb. Körper seitlich abgeflacht. Vorderende der Rückenflosse deutlich hinter dem Bauchflossenansatz. Maul leicht oberständig. Ausser Brustflossen alle Flossen kräftig orange bis rot gefärbt. Scharfe Bauchkante zwischen Bauchflosse und After. Verwechslungsmöglichkeit mit Rotauge.

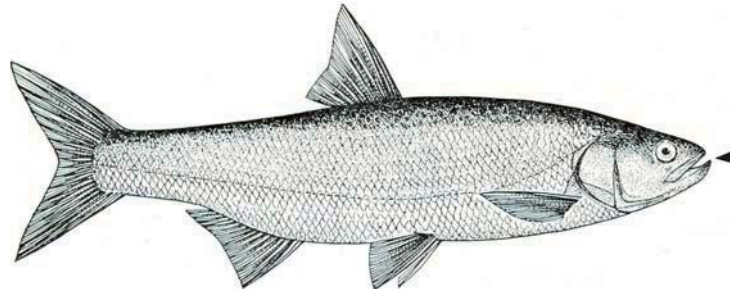
Grösse: bis 40 cm.



Rapfen/Schied (Bild 14)

Sehr gestreckter, mässig abgeflachter Körper. Unterkiefer verlängert, Kopf spitz, Mund gross. Wird kaum mit anderen Karpfenfischen verwechselt.

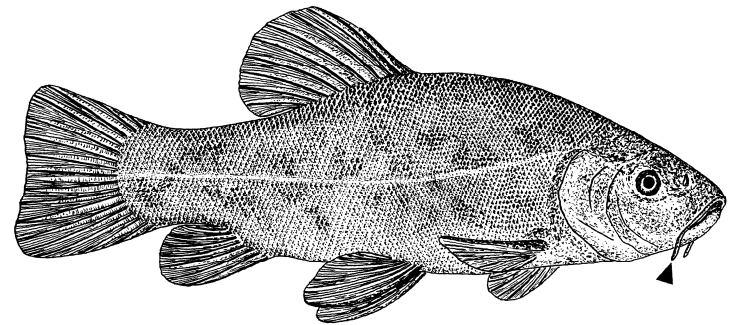
Grösse: bis 100 cm.



Schleie (Bild 15)

Kräftiger, gedrungener Körper; hoher Schwanzstiel mit nur wenig eingebuchteter Schwanzflosse. Sehr kleine Schuppen. Zwei Barteln an der Oberlippe. Kaum Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen Karpfenfischen.

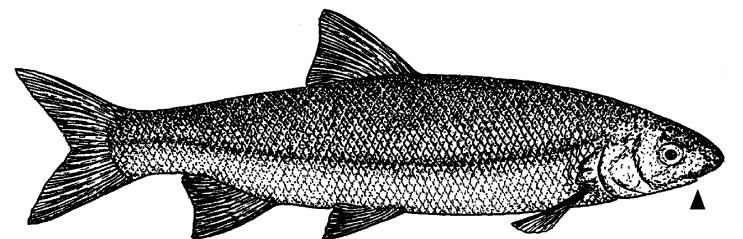
Grösse: bis 60 cm.



Nase (Bild 16)

Vorragende, stumpfe Schnauze; unterständiges Maul mit querer Spalte. Lippen mit scharfen, kantigen Hornrändern.

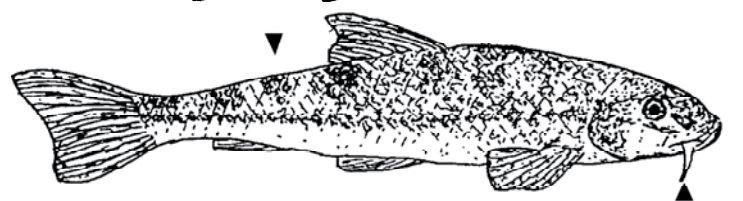
Grösse: bis 50 cm.



Gründling (Bild 17)

Bodenlebender Kleinfisch mit spindelförmigem, fast drehrundem Körper. Stumpfe Schnauze mit unterständigem Maul; **zwei kurze Barteln**. Grosse Augen und Schuppen im Vergleich zur Körpergrösse. Verwechslungsmöglichkeit mit jungen Barben, diese jedoch mit 4 Mund-Barteln.

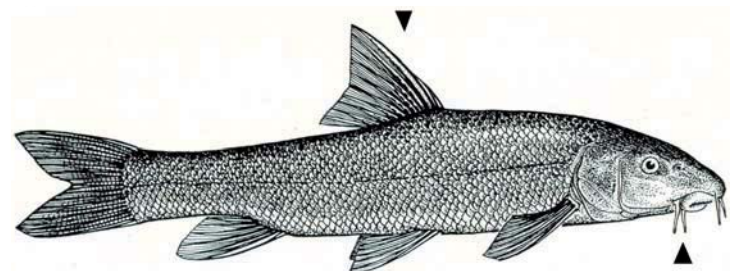
Grösse: bis 20 cm.



Barbe (Bild 18)

Unterständiges Maul mit wulstigen Lippen; **4 Barteln am Oberkiefer**. Im Gegensatz zum Karpfen nur eine kurze Rückenflosse.

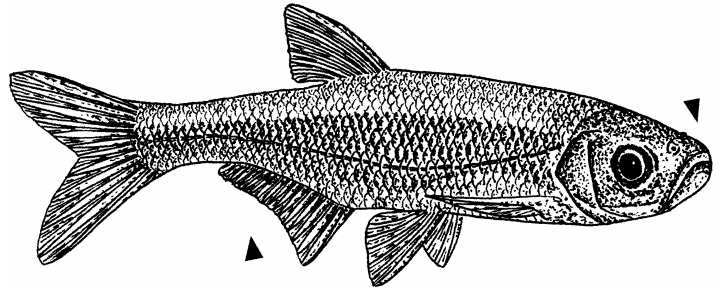
Grösse: bis 100 cm.



Laube/Ukelei (Bild 19)

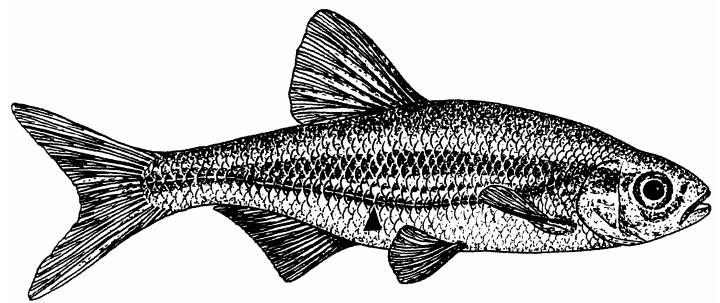
Schlanker, langgestreckter Kleinfisch mit seitlich abgeflachtem Körper. **Oberständiges Maul** mit steil nach oben gerichteter Maulspalte. Zwischen den Bauchflossen und der relativ **langen Afterflosse** ist der Bauch scharf gekielt.

Grösse: bis 25 cm.

**Schneider (Bild 20)**

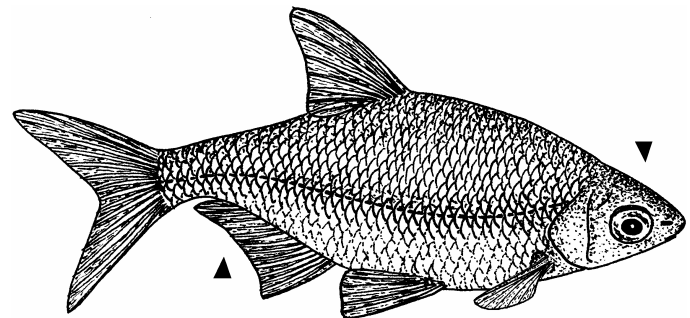
Im Vergleich zur Laube (Ukelei) hochrückiger Kleinfisch mit endständigem Maul. Lange Afterflosse. Typisch nach unten gebogene, **nahtähnlich schwarz eingefasste Seitenlinie**. Laichreife Tiere mit einem dunklen Längsband oberhalb der Seitenlinie.

Grösse: bis 16 cm.

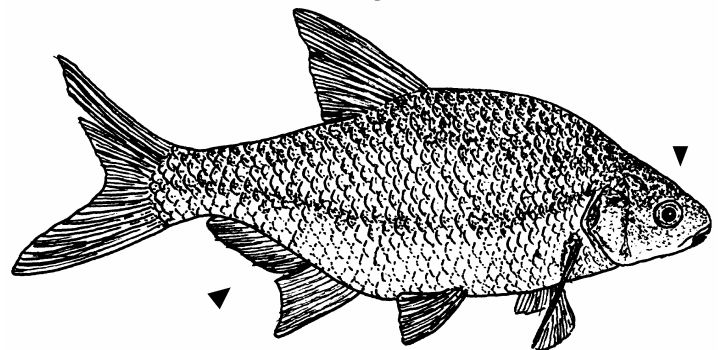
**Blicke/Güster (Bild 21)**

Körper hochrückig, seitlich stark zusammengedrückt (Scheibenform). Lange Afterflosse. Unterscheidung von Brachsen: **Augen-Durchmesser gleichgross oder grösser als Schnauzenlänge**. **Paarige Flossen rötlich**.

Grösse: bis 35 cm.

**Brachsen/Blei (Bild 22)**

Körper hochrückig, seitlich stark zusammengedrückt (Scheibenform). Lange Afterflosse. Unterscheidung von Blicke: **Augen-Durchmesser kleiner als Schnauzenlänge**. **Paarige Flossen grau**. Grösse: bis 75 cm.



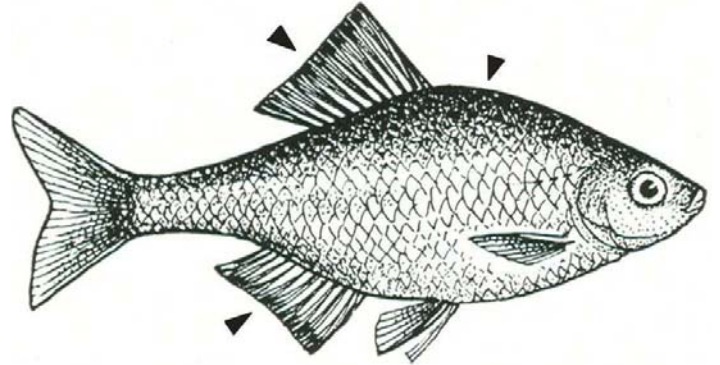
Bitterling (Bild 23)

Körper hochrückig und kurz, Schuppen gross. Rücken- und Afterflosse gleich geformt.

Schwanzwurzel mit blaugrünem Mittelstrich.

Seitenlinie unvollständig.

Grösse: bis 9 cm.

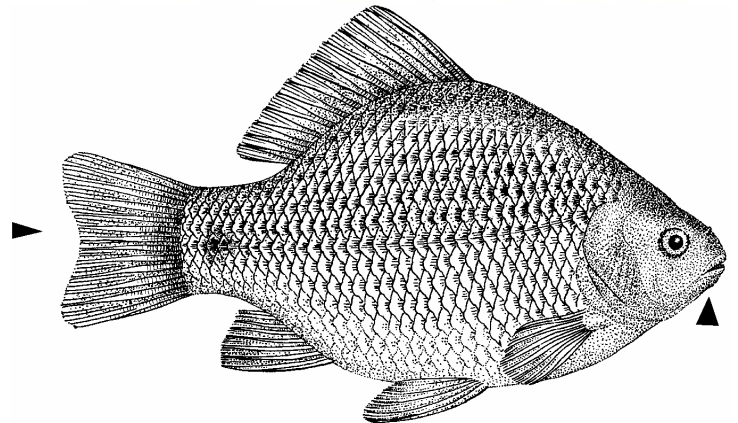


Karausche (Bild 24)

Lange, leicht nach aussen gewölbte Rückenflosse.

Keine Bartfäden. Körper gedrungen, hochrückig und seitlich abgeflacht. Schwanzflosse schwach eingebuchtet.

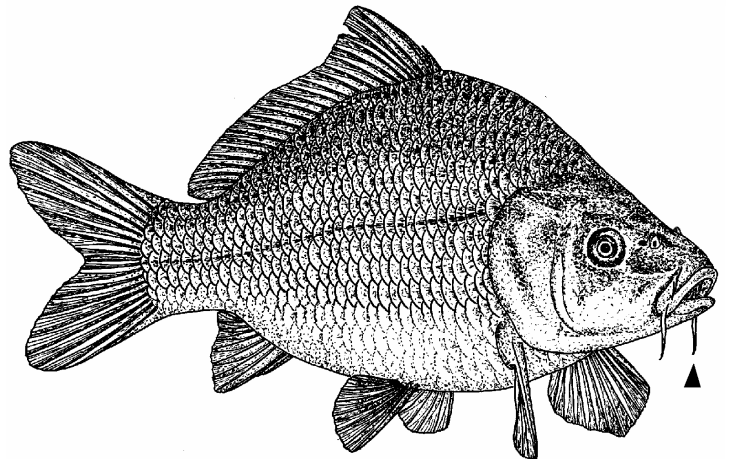
Grösse: bis 80 cm.



Karpfen (Bild 25)

Lange Rückenflosse. Zwei lange und zwei kurze Bartfäden. Schwanzflosse deutlich eingebuchtet.

Grösse: bis 120 cm.

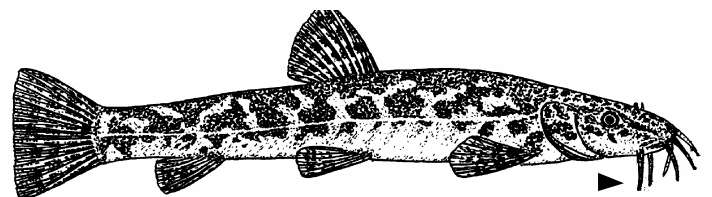


Schmerlen

Schmerle/Bartgrundel (Bild 26)

Oberkiefer mit **6 Barteln**, unregelmässige Marmorierung, Schwanzflossenrand gerade oder ein wenig eingebuchtet. Helle Seitenlinie.

Grösse: bis 16 cm.

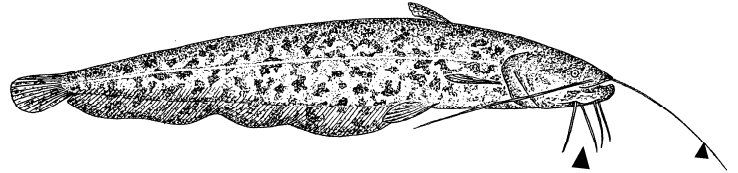


Welse

Wels (Bild 27)

Zwei lange Antennen am Oberkiefer und vier Barteln am Unterkiefer.

Grösse: bis 300 cm.



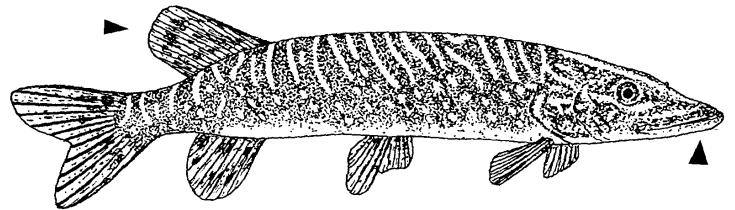
Hechte

Hecht (Bild 28)

Rückenflosse weit nach hinten verschoben.

Schnauze schnabelförmig.

Grösse: bis 150 cm.

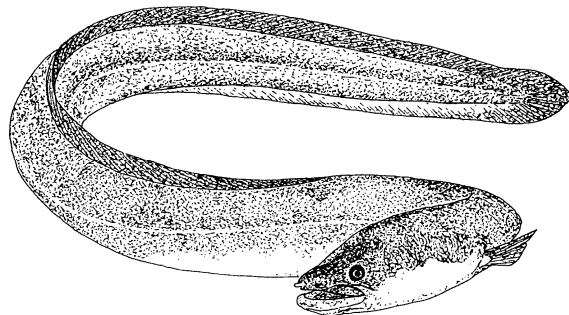


Aale

Aal (Bild 29)

Schlangenförmige Gestalt, Rücken-, Schwanz- und Afterflosse vereinigt.

Grösse: bis 150 cm.

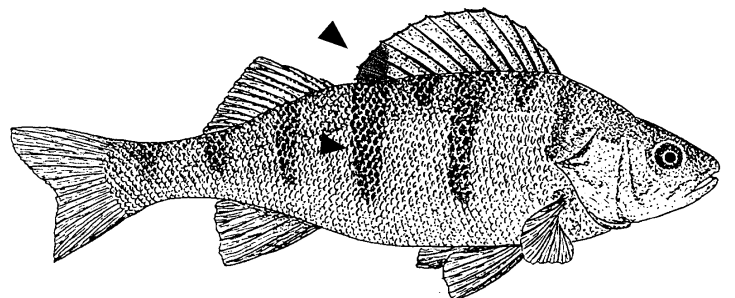


Barsche

Flussbarsch/Egli (Bild 30)

Körper mit dunklen Querbinden. Beide Rückenflossen getrennt, **Schwarzer Fleck am hinteren Rand der vorderen Rückenflosse.**

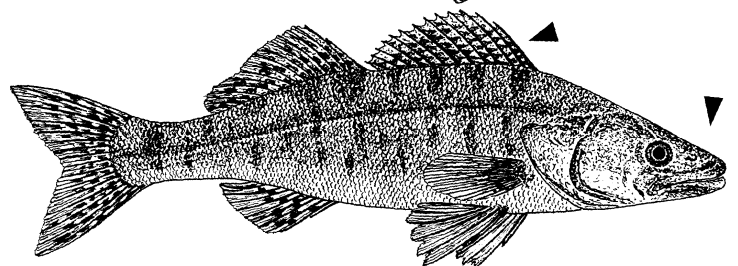
Grösse: bis 50 cm.



Zander (Bild 31)

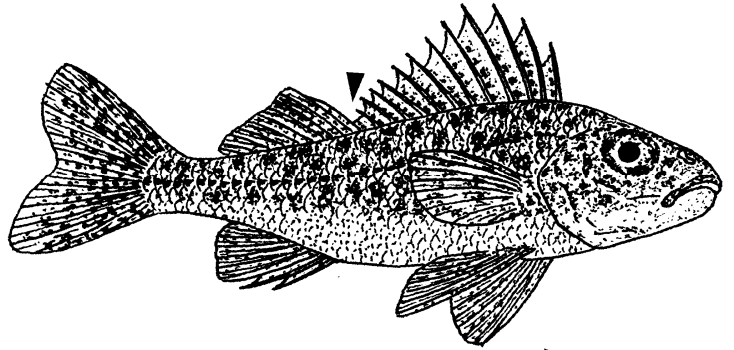
Beide Rückenflossen getrennt und mit dunklen Längsstreifen; **Kopf lang, Maul spitz.**

Grösse: bis 130 cm.



Kaulbarsch (Bild 32)

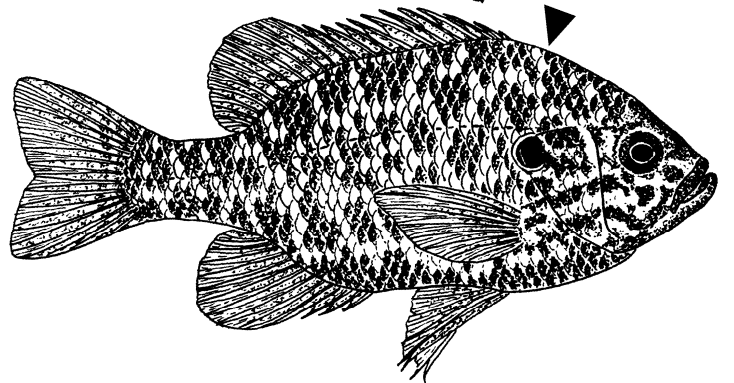
Im Gegensatz zum Flussbarsch und Zander sind die **Rückenflossen miteinander verbunden**. Körper mit Flecken, aber ohne Querbinden.
Grösse: bis 25 cm.



Sonnenfische

Sonnenbarsch (Bild 33)

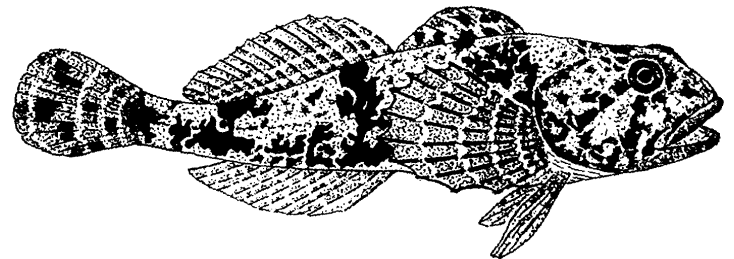
Hochrückig, Rückenflossen verbunden, Kiemendeckelverlängerung mit rot-schwarzem Doppelfleck.
Grösse: bis 30 cm.



Groppen

Groppe (Bild 34)

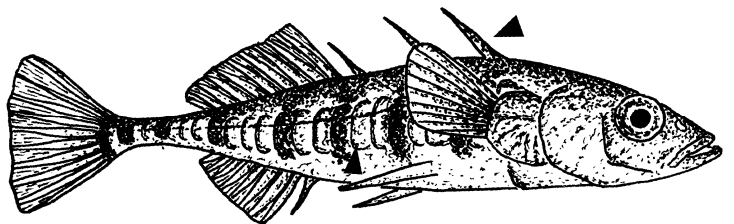
Rückenflosse zweiteilig, Rand der Schwanzflosse ausgebuchtet.
Grösse: bis 18 cm.



Stichlinge

dreistachliger Stichling (Bild 35)

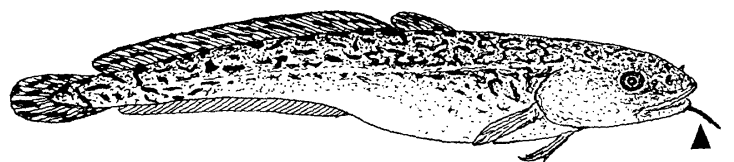
Drei einzelne Stachel auf dem Rücken, Bauchflosse mit kräftigem Stachel. Seitenlinie von Knochenplatten bedeckt.
Grösse: bis 8 cm.



Dorschfische

Trüsche/Quappe (Bild 36)

Einzelne Bartel am Unterkiefer. Sehr lange Rücken- und Afterflosse.
Grösse: bis 60 cm.



A3-4 **Abgegebene Farbbilder der Fischarten des Rheins (Fotos Michel Roggo)**

1 Bachneunauge



2 atlantischer Lachs



3A Bachforelle



3B Seeforelle



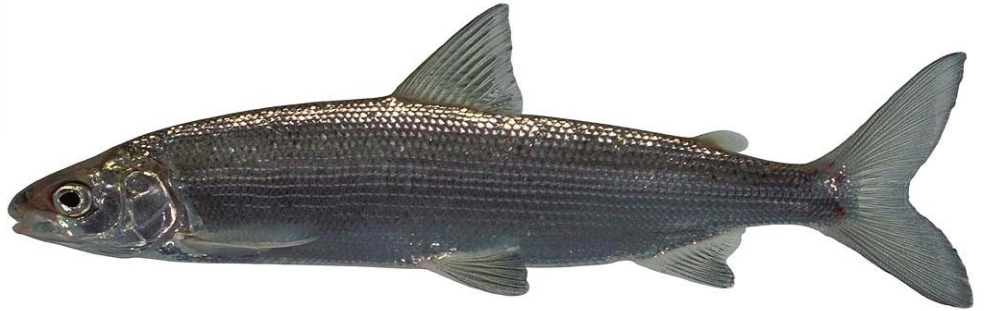
4 Regenbogenforelle



5 Bachsaibling



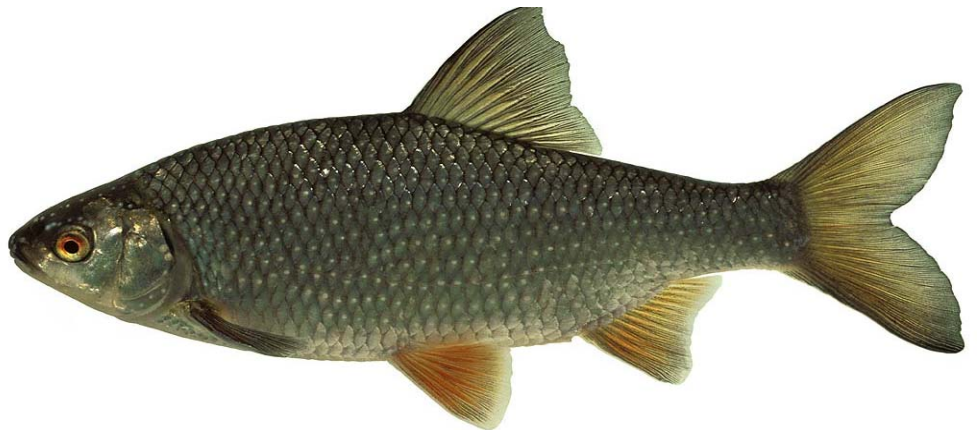
6 Felchen



7 Äsche



8 Rotauge



9 Hasel



10 Alet/Döbel



11 Strömer



12 Elritze



13 Rotfeder



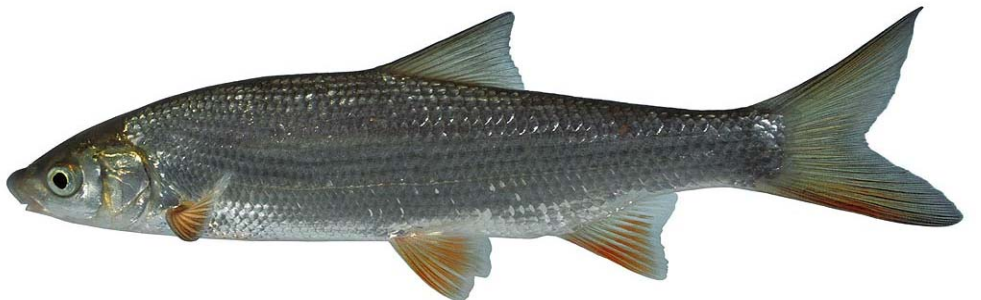
14 Rapfen/Schied



15 Schleie



16 Nase



17 Gründling



18 Barbe



19 Laube



20 Schneider



21 Blicke/Güster



22 Brachsmen/Blei



23 Bitterling



24 Karausche



25 Karpfen



26 Schmerle/Bartgrundel



27 Wels



28 Hecht



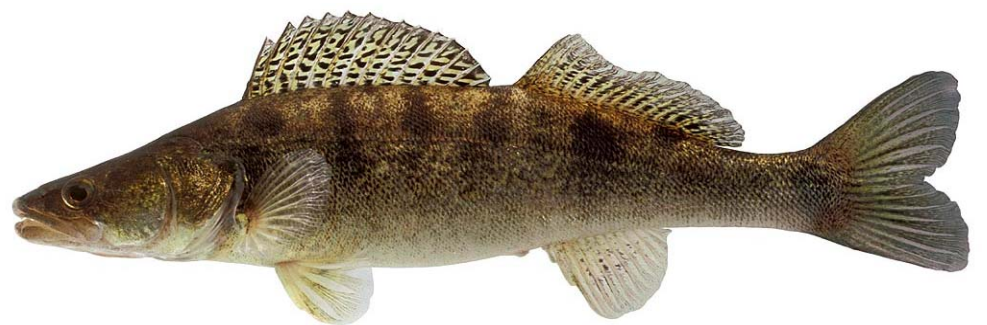
29 Aal



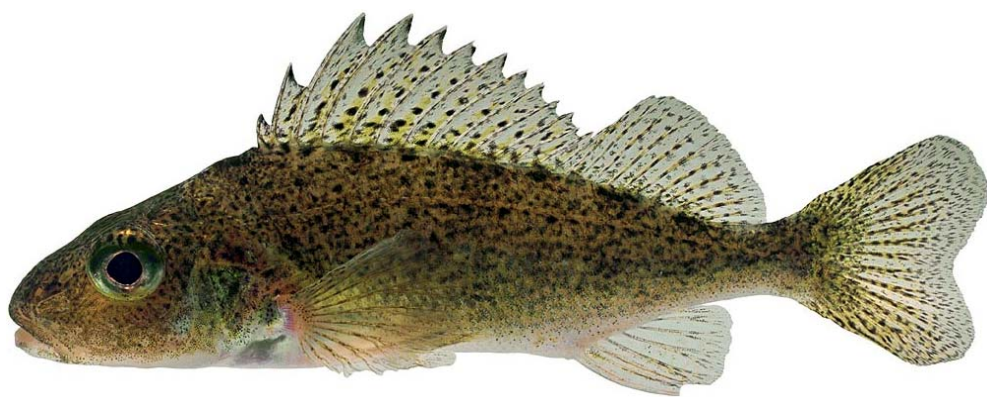
30 Flussbarsch



31 Zander



32 Kaulbarsch



33 Sonnenbarsch



34 Groppe



35 dreistachliger Stichling



36 Trüsche/Quappe



> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1 Vereinfachte schematische Darstellung des Lebenszyklus der Äsche	14	Abb. 13 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Augst ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	35
Abb. 2 Konventioneller Beckenpass Kraftwerk Wyhlen	19	Abb. 14 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Augst ca. 12 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	35
Abb. 3 Vertikalschlitzpass Kraftwerk Augst	19	Abb. 15 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Beckenpasses beim Kraftwerk Wyhlen ca. 2 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	36
Abb. 4 Fischlift, Kraftwerk Wyhlen	19	Abb. 16 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Beckenpasses beim Kraftwerk Wyhlen ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	36
Abb. 5 Raugerinne-Beckenpass beim Kraftwerk Rheinfelden	19	Abb. 17 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Beckenpasses beim Kraftwerk Wyhlen ca. 12 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	36
Abb. 6 Temperaturverlauf im Rhein an den Messstellen Rekingen und Rheinfelden	30	Abb. 18 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Fischlifts beim Kraftwerk Wyhlen ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im Becken oberhalb der Einstiegöffnung	37
Abb. 7 Abfluss im Rhein an den Messstellen Rekingen und Rheinfelden	31	Abb. 19 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg des Fischlifts beim Kraftwerk Wyhlen ca. 12 s nach Einbringen der Substanz im Becken oberhalb der Einstiegöffnung	37
Abb. 8 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Schaffhausen ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	32	Abb. 20 Hochrheinkraftwerke: Summe der zwischen April und Oktober 2005 aufgestiegener Fische nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt	42
Abb. 9 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Schaffhausen ca. 4 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	33	Abb. 21 Hochrheinkraftwerke: Mittlerer Tagesaufstieg (Anzahl Fische pro Tag) in der Periode von April bis Oktober 2005 nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt	44
Abb. 10 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Schaffhausen ca. 15 s nach Einbringen der Substanz im untersten Becken	33	Abb. 22 Aarekraftwerke: Summe der zwischen April und Oktober 2005 aufgestiegener Fische nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt	45
Abb. 11 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Rheinfelden ca. 2 s nach Einbringen der Substanz im mit weissem Punkt markierten Becken	34		
Abb. 12 Färbversuch mit Uranin beim Einstieg der FAH des Kraftwerks Rheinfelden ca. 15 s nach Einbringen der Substanz im mit weissem Punkt gekennzeichneten Becken	34		

<p>Abb. 23 Aarekraftwerke: Mittlerer Tagesaufstieg (Anzahl Fische pro Tag) nach Arten und Fischaufstiegshilfen getrennt 46</p> <p>Abb. 24 Längenverteilung aufsteigender Barben in allen FAH des Hochrheins nach Jahreszeiten getrennt: links: April – Juni 2005; rechts Juli 2005 – März 2006 47</p> <p>Abb. 25 Wöchentliche Aufstiegszahlen vom April 2005 – März 2006 48</p> <p>Abb. 26 Wöchentliche Aufstiegszahlen vom April 2005 – März 2006 49</p> <p>Abb. 27 Mittlerer Tagesaufstieg (alle Arten) in den FAH der Hochrheinkraftwerke in den Monaten April–Oktober 52</p> <p>Abb. 28 Vergleich des Fischaufstiegs von April bis Oktober in den Jahren 1995 und 2005 53</p> <p>Abb. 29 Mittlerer Tagesaufstieg in den Jahren 1985/86, 1995 und 2005 nach Arten getrennt. 54</p> <p>Abb. 30 Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs an Hochrhein zwischen 1995 und 2005 nach Arten getrennt (Quotient 2005/1995) 56</p> <p>Abb. 31 Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs am Hochrhein zwischen 1995 und 2005 nach Arten getrennt (Quotient 2005/1995) 57</p> <p>Abb. 32 Veränderung der Aufstiegszahlen an den Aarekraftwerken zwischen den 1990er-Jahren und 2005 (Quotient 2005/1990er-Jahre) nach Fischarten getrennt 57</p> <p>Abb. 33 Alet: Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs zwischen 1995 und 2005 (Quotient 2005/1995) nach FAH getrennt 59</p> <p>Abb. 34 Rotauge: Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs zwischen 1995 und 2005 (Quotient 2005/1995) nach FAH getrennt 59</p> <p>Abb. 35 Barbe: Veränderung des mittleren Tagesaufstiegs zwischen 1995 und 2005 (Quotient 2005/1995) nach FAH getrennt 60</p>	<p>Abb. 36 Zeitliche Veränderung des Fangs und des Fischaufstiegs zwischen 1985 und 2005 (obere Grafik) und zwischen 1995 und 2005 (untere Teilgrafik) 62</p> <p>Abb. 37 Aufstiegszahlen 2005 während und ausserhalb der Laichzeit in der Aare und im Rhein (Gesamtaufstieg in allen FAH) 64</p> <p>Abb. 38 Mittlerer täglicher Fischaufstieg bei den Kraftwerken Augst und Wyhlen in der Periode von September 2004 bis September 2006 65</p> <p>Abb. 39 Einteilung der aufsteigenden Fische in Strömungsgilden nach FAH geordnet, Prozentanteile 67</p> <p>Abb. 40 Anteile der Strömungsgilden in den verschiedenen FAH über die Jahre 1985, 1995 und 2005 68</p> <p>Abb. 41 Zeitliche Veränderung des Fischregionsindex bei 12 FAH am Hochrhein 69</p> <p>Abb. 42 Tageszeitliche Unterschiede in der Aufstiegsfrequenz der Barbe (Tiere pro Stunde) während der Phase mit den höchsten Aufstiegszahlen (25.5.–31.5.2005) beim Kraftwerk Schaffhausen 70</p> <p>Abb. 43 Reusenleerung bei der FAH beim Kraftwerk Schaffhausen 71</p> <p>Abb. 44 Anzahl Fischarten im Unterwasser der Hochrheinkraftwerke nach ihrem Gefährdungstatus 75</p> <p>Abb. 45 Anzahl Fischarten in den FAH nach ihrem Gefährdungstatus 76</p> <p>Abb. 46 Quotient zwischen der Anzahl aufsteigender Fischarten und der Artenzahl im Unterwasser der Kraftwerke 76</p> <p>Abb. 47 Mittlerer Tagesaufstieg des Schneiders in den FAH des Hochrheins 77</p> <p>Abb. 48 Längenverteilung der grössten (dunkelblaue Säulen) und der kleinsten Barbe (hellblaue Säulen), die jeweils pro Tag aufgestiegen ist für die FAH der Kraftwerke Schaffhausen, Eglisau, Reckingen und Albruck-Dogern 79</p>
--	---

Abb. 49	Längenverteilung der Brachsen in allen FAH des Rheins	80	Tab. 4	Veränderungen an den FAH und Kontrolleinrichtungen seit der Zählung im Jahr 1995	25
Abb. 50	Mittlerer Tagesaufstieg grosswüchsiger Fischarten (Hecht, Karpfen, Wels) in den FAH der Hochrheinkraftwerke im Zeitraum vom 1.4.2005–31.3.2006	81	Tab. 5	Anzahl und Lage der Wehrklappen bei den wehrseitigen FAH	27
Abb. 51	Anzahl Wochen pro Jahr, an denen in den verschiedenen FAH in den Monaten April 2005 bis und mit März 2006 Fische aufgestiegen sind	82	Tab. 6	Anzahl und Lage der Turbinen bei den maschinenhausseitigen FAH	28
Abb. 52	Anzahl Wochen pro Jahr, an denen bei den verschiedenen Kraftwerken in den Monaten April 2005 bis und mit März 2006 Fische aufgestiegen sind	83	Tab. 7	Korrelation (Rangkorrelation nach Spearman) zwischen Abfluss (Q) bzw. Temperatur (T) und den täglichen Aufstiegszahlen verschiedener Fischarten	38
Abb. 53	Strömungsgilden in den einzelnen FAH, ausgedrückt als Prozentanteil des Potentials im Unterwasser	84	Tab. 8	Korrelation (Rangkorrelation nach Spearman) zwischen Abfluss (Q) bzw. Temperatur (T) und den täglichen Aufstiegszahlen verschiedener Fischarten von April – Oktober 2005	39
Abb. 54	Strömungsgilden, die die einzelnen Staustufen überwinden können, ausgedrückt als Prozentanteil des Potentials im Unterwasser	85	Tab. 9	Einfluss des Wehrüberfalls bzw. des Turbinenbetriebs auf die Zahl aufsteigender Fische	41
Abb. 55	Mittelwert der technischen Bewertung siehe Kapitel 3.11, aufgetragen gegen den Mittelwert der Bewertung anhand des Fischaufstiegs	90	Tab. 10	Passierbarkeit der Schlupflöcher der verschiedenen FAH für ausgewählte Fischarten	72
Abb. 56	Hochrhein mit Kraftwerken (rote und grüne Quadrate) und Siedlungsschwerpunkten (graue Flächen)	100	Tab. 11	Dimensionierung und hydraulische Kenngrößen der verschiedenen FAH des Hochrheins	73
Abb. 57	Zeitliche Entwicklung der Aalfänge im Hochrhein	101	Tab. 12	Gesamtbewertung Fischaufstieg	86
Tabellen			Tab. 13	Bewertung der verschiedenen FAH nach dem Fischaufstieg, Einzelwerte	87
Tab. 1	Hochrheinkraftwerke und Fischaufstiegshilfen (FAH) im Jahr 2005/06	17	Tab. 14	Bewertung der Hochrhein-Staustufen nach dem Fischaufstieg	89
Tab. 2	Zuordnung der Temperatur- und Abflussdaten des BAFU zu den einzelnen Kraftwerken	22	Tab. 15	Korrelation verschiedener technischer Parameter mit der Bewertung der FAH anhand des Fischaufstiegs	91
Tab. 3	Messung und Erhebung physikalischer Parameter in den FAH der Hochrheinkraftwerke	24	Tab. 16	Vergleich des mittleren Fischaufstiegs pro Tag in den FAH am Hochrhein (gelb hinterlegt), verglichen mit verschiedenen Anlagen an der Aare unterhalb des Bielersees und in Deutschland	94

Tab. 17	Zahl der Arten, die den Aufstieg über die verschiedenen FAH schaffen gemessen am Potenzial im Unterwasser	97
Tab. 18	Fischaufstieg vom 01. Dezember 2005 bis 31. März 2006	103
Tab. 19	Empfehlungen für den Bau neuer FAH bzw. für bauliche Anpassungen	106
Tab. 20	Aufstiegsdaten April 2005	107
Tab. 21	Aufstiegsdaten Mai 2005	108
Tab. 22	Aufstiegsdaten Juni 2005	109
Tab. 23	Aufstiegsdaten Juli 2005	110
Tab. 24	Aufstiegsdaten August 2005	111
Tab. 25	Aufstiegsdaten September 2005	112
Tab. 26	Aufstiegsdaten Oktober 2005	113
Tab. 27	Aufstiegsdaten November 2005	114
Tab. 28	Aufstiegsdaten Dezember 2005	115
Tab. 29	Aufstiegsdaten Januar 2006	116
Tab. 30	Aufstiegsdaten Februar 2006	117
Tab. 31	Aufstiegsdaten März 2006	118
Tab. 32	Aufstiegsdaten April 2005–März 2006	119

Literatur

- Ammann T. 2006: Der Einfluss von Barrieren auf die Verteilung von fischen in kleinen Bächen, Fallstudien im Suhrental. Diplomarbeit ETH Zürich: 73 S.
- Anonymus 2002: Rapfen – *Aspius aspius* (Linnaeus). Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 11 (1, 2): S. 115.
- Anonymus 2003: Artensteckbrief Rapfen (*Aspius aspius*). Bericht Institut für angewandte Ökologie: 6 S.
- Aquarius 2004: Neubau Kraftwerk Ruppoldingen, Erfolgskontrolle Fischerei und Gewässerökologie: Nachweis der Naturverlächung der Äsche im Umgebungsgewässer. Gutachten Aquarius im Auftrag der Atel Hydro AG.
- Bardonnnet A. 1989: Occupation de l'espace par les jeunes stades de Salmonidés: vie sous graviers, émergence et dévalaison chez l'Ombre commun, *Thymallus thymallus* L.1758: Diss. Université Claude Bernard. -. Lyon: 200 S.
- Bardonnnet A., Gaudin P. 1990: Diel pattern of first downstream post-emergence displacement in grayling, *Thymallus thymallus* (L., 1758). J. Fish Biol. 37: 623–627.
- Bardonnnet A., Gaudin P. 1991: Diel pattern of emergence in grayling (*Thymallus thymallus*). Can. J. Zool. 68: 465–469.
- Bardonnnet A., Gaudin P., Persat H. 1991: Microhabitats and diel downstream migration of young grayling (*Thymallus thymallus* L.). Freshwater Biology 26: 365–376.
- Bardonnnet A., Gaudin P., Thorpe J.E. 1993: Diel rhythm of emergence and of first displacement downstream in trout (*Salmo trutta*), Atlantic salmon (*Salmo salar*) and grayling (*Thymallus thymallus*). J. Fish Biol. 43: 755–762.
- Bouvet Y., Soewardi K., Pattee E. 1990: Genetic divergence within natural populations of grayling (*Thymallus thymallus*) from two French river systems. Arch hydrobiol. 119: 89–101.
- Büsser P. 2000: Auswertungen des Fischereinspektorats des Kantons Bern zu Fischaufstiegskontrollen in den Kraftwerken Niederried, Aarberg und dem Elektrizitätswerk Brügg. Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Fischwege und Kontrollvorrichtungen. im Auftrag des 14 S. + 58 S. Anhang.
- Dedual M., Jovett I.G. 1999: Movement of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during the spawning migration in the Tongariro River, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 33: 107–117.
- Dönni W. 1993: Verteilungsdynamik der Fische in einer Staustufe des Hochrheins. Diss. ETH Zürich: 196 S.

- Dönni W., Freyhof J. 2002: Einwanderung von Fischarten in die Schweiz, Rheineinzugsgebiet. BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 72: 88 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. 2000: Habitatansprüche und Verhaltensmuster der Äsche *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). Ökologische Grundlagen für den Schutz einer gefährdeten Fischart. Impress Druckerei, Halle: 64 S.
- Eberstaller J., Pinka P., Honsowitz H., Eds. 2001: Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegshilfe am Donaukraftwerk Freudenu. Schriftenreihe Forschung im Verbund, Wien: 91 S.
- Fredrich F. 2003: Long term investigation of migratory behaviour of asp (*Aspius aspius*) in the middle part of the Elbe River, Germany. Journal of Applied Ichthyology 19(5): 294.
- Gebler 1987: Fischaufstiege, Bericht zur ersten Untersuchungsphase. Bericht Versuchsanstalt für Wasserbau Uni Karlsruhe im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Baden-Württemberg: 76 S.
- Gerster S. 1990: Veränderungen der Fischbestände am Hochrhein und deren Ursachen. Bericht HYDRA im Auftrag des BUWAL: 286 S.
- Gerster S. 1998a: Hochrhein, Aufstiegskontrollen 1995/96; Vergleich mit früheren Erhebungen. BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 60: 1–137.
- Gerster S. 1998b: Hochrhein, Rückgang der Rotaugenbestände; mögliche Ursachen. BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 60: 139–215.
- Gumpinger C. 2001: Zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegshilfen: Zielstellungen, Bewertungsgrundlagen und Methoden. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 53(7/8): 189–197.
- Guthruf J. 1996: Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes. Diss. ETH Zürich: 180 S.
- Guthruf J. 2006a: Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. Kurzfassung Aquatica im Auftrag des Amtes für Umwelt Kanton Solothurn, des Amtes für Wald, Jagd und Fischerei Kanton Solothurn, der Sektion Jagd und Fischerei, BVU Kanton Aargau und der Abt. Landschaft und Gewässer, BVU Kanton Aargau: 58 S.
- Guthruf J. 2006b: Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. Schlussbericht Aquatica im Auftrag des Amtes für Umwelt Kanton Solothurn, des Amtes für Wald, Jagd und Fischerei Kanton Solothurn, der Sektion Jagd und Fischerei, BVU Kanton Aargau und der Abt. Landschaft und Gewässer, BVU Kanton Aargau: 99 S. + 44 S. Anhang.
- Guthruf J. 2007: Fischbestandeserhebung an der Sarner Aa. Gutachten Aquatica im Auftrag des Amtes für Landwirtschaft und Umwelt, Dienststelle Gewässer und Fischerei: 40 S.
- Heimerl S., Nöthlich I., Urban G. 2002: Fischpass Iffezheim – erste Erfahrungen an einem der grössten Verbindungsgewässer Europas. Wasserbau 4–5: 12–22.
- Jakob A., Liechti P., Schädler B. 1996: Temperatur in Schweizer Gewässern – Quo vadis? Gas Wasser Abwasser 76(4/96): 288–294.
- Jungwirth M., Parasiewicz P. 1994: Fischaufstiegshilfen in Gebirgsflüssen. Gutachten BOKU im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft: 245 S.
- Kappus B., Sosat R. 2003: Analyse der Durchgängigkeit von Fischpässen am stauregulierten und schiffbaren Neckar – Teil Aufwärtswanderungen. Bericht im Auftrag des Gewässerdirektion Neckar, Bereich Besigheim: 193 S.
- Kirchhofer A. 2005: Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG, Glattfelden, Umweltverträglichkeitsbericht 2. Stufe, Teilbericht Nr. 3: Fischwanderung. Gutachten WFN im Auftrag des Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG, Nordostschweizerische Kraftwerke AG: 31 S.
- Kirchhofer A., Breitenstein M., Guthruf J. 2002: Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. Mitteilungen zur Fischerei 70: 120 S.
- Knaepkens G. 2006: Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. Ecology of Freshwater Fish 15(1): 20–29.
- Lampert W., Link W. 1971: Markierversuche und Fischaufstiegskontrollen an Staustufen des Hochrheins in den Jahren 1947 und 1952. Arch. Hydrobiol. Suppl. 38(3): 315–335.
- Larinier M. 1983: Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages par les poissons migrants. Bull. Fr. Piscic. Num. Spec.: 39 S.
- Maurer V., Guthruf J., Guthruf K. 2002: Gewässerstruktur des Hochrheins, Erhebung 2001. Gutachten HYDRA und Aquatica im Auftrag des BUWAL, Abteilung Gewässerschutz und Fischerei, Ulrich Sieber: 25 S.
- Mendez R. 2007: Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein. Diplomarbeit EAWAG/ETH: 70 S.

- Mills D. 1989: Ecology and management of atlantic salmon. Chapman and Hall: 351 S.
- Müller K. 1961: Die Biologie der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) im Lule Älv (Schwedisch Lapland). Z. Fisch. NF 10: 173–201.
- Müller R., Meng H.-J. 1990: The fate of the fish populations in the River Rhine after the Schweizerhalle accident. Limnologie Aktuell 1: 405–421.
- Northcote T.G. 1995: Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, Thymallus). Reviews in Fish Biology and Fisheries 5: 141–194.
- Ovidio M., Philippart J.-C. 2002: The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Hydrobiologia 483: 55–69.
- Parkinson D., Philippart J.-C., Baras E. 1999: A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream determined by radio-tracking. J. Fish Biol. 55: 172–182.
- Persat H. 1988: De la biologie des populations de l'Ombre commun *Thymallus thymallus* (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé. Eléments pour un changement d'échelles. 2. Teil. Thèse d'état Université Claude Bernard Lyon: 223 S.
- Prchalova M., Slavik O., Bartos L. 2006: Patterns of cyprinid migration through a fishway in relation to light, water temperature and fish circling behaviour. Intl. J. River Basin Management 4(3): 213–218.
- Prchalova M., Vetesnik L., Slavik O. 2006: Migrations of juvenile and subadult fish through a fishpass during late summer and fall. Folia Zool. 55(2): 162–166.
- Schlösser I.J. 1995: Dispersal, boundary processes, and trophic-level interactions in streams adjacent to beaver ponds. Ecology 76(3): 908–925.
- Schmutz S., Matulla C. 2004: Beurteilung der Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf die Fischfauna anhand ausgewählter Fließgewässer. Gutachten BOKU im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 47 S.
- Schwevers U., Adam B. 2006: Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen, Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für Durchführung und Bewertung. DWA-Themen. Bericht DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: 123 S.
- Schwevers U., Adam B., Thumerer D. 2005: Auswertung durchgeführter Erfolgskontrollen. Bericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat IV-10 Grundsatzfragen Wasserwirtschaft, Ökologie der Fließgewässer, Hochwasserschutz: 193 S.
- Staub E., Gerster S. 1992: Fischpassanlagen der Hochrheinkraftwerke: Aufstiegskontrollen 1985/86 und Vergleich mit früheren Erhebungen. BUWAL, Schriftenreihe Fischerei 48: 109 S.
- Zaugg B., Stucki P., Pedroli J.-C., Kirchhofer A. 2003: Pisces Atlas: 231 S.
- Zauner G., Pinka P., Moog O. 2001: Pilotstudie Oberes Donautal, Gewässerökologische Evaluierung neugeschaffener Schotterstrukturen im Stauwurzelbereich des Kraftwerks Aschach. Gutachten BOKU im Auftrag des Wasserstrassendirektion: 131 S.
- Zeh M. 1993: Reproduktion und Bewegungen einiger ausgewählter Fischarten in einer Staustufe des Hochrheins. Fischereiwissenschaften. Diss. ETH Zürich: 171 S.
- Zitek A., Schmutz S., Jungwirth M. 2004: Fischökologisches Monitoring an den Flüssen Pielach, Melk und Mank im Rahmen des EU-Life Projektes «Lebensraum Huchen». Endbericht BOKU fischökologisches Monitoring im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Raumordnung und Umwelt, Abteilung Naturschutz Gruppe Wasser, Abteilung Wasserbau: 113 S.