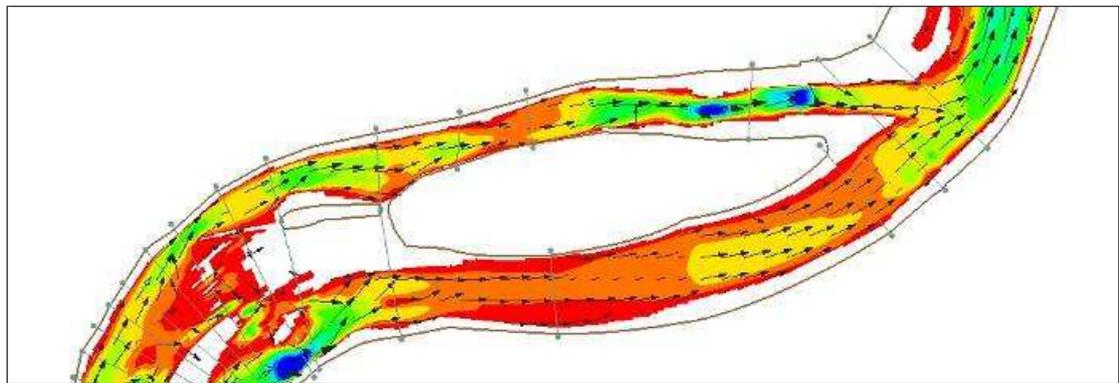


Restwassersanierung KW Rheinau

Ergänzungsstudie

Bericht



Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt BAFU
3003 Bern

Numerische Modellierung:



sje – Schneider & Jorde
Ecological Engineering GmbH
Viereichenweg 12
70569 Stuttgart

Walzbachtal, März 2011

Beratung

- ⇒ Flussbau – Wasserbau
- ⇒ Wasserkraftanlagen – Wehranlagen

Studien

- ⇒ Naturnaher Wasserbau – Renaturierung
- ⇒ Gewässerentwicklung – Auenentwicklung
- ⇒ Fischwege – Fischabstiegsanlagen

Planung

- ⇒ UVS – Naturschutz – Landschaftsgestaltung
- ⇒ Hydraulik – Hydrologie – Wasserwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangszustand	1
2	Aufgabenstellung	2
3	Durchgeführte Arbeiten	3
	- Teilrückbau oberes Hilfswehr.....	3
	- Vollrückbau oberes Hilfswehr.....	3
	- Vollrückbau oberes Hilfswehr.....	3
4	Bestvarianten	4
4.1	Terminologie.....	4
4.2	Gestaltung Zulauf zum Chly Rhy.....	5
4.3	Gestaltung Mündung Chly Rhy.....	9
4.4	Rhein zwischen Hauptwehr und oberem Hilfswehr.....	10
4.4.1	Bestvariante B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr, Behördenvariante plus...	10
4.4.2	Bestvariante B2: Teilrückbau oberes Hilfswehr plus.....	11
4.4.3	Bestvariante B3: Vollrückbau oberes Hilfswehr plus.....	12
4.5	Chly Rhy.....	13
4.5.1	Abfluss.....	13
4.5.2	Wassertiefen – Fließgeschwindigkeiten.....	14
5	Hochwasserbetrachtung $HQ_{100} = 1142 \text{ m}^3/\text{s}$	16
6	Hydrologie	17
7	Fahrwasserrinne für Kleinschiffahrt	18
8	Landschaftsbild	19
9	Durchzuführende Massnahmen - Kostenvergleich	22
9.1	Massnahmen.....	22
9.2	Kostenvergleich.....	24
10	Bilanz der Energieproduktion	27
10.1	Randbedingungen.....	27
10.2	Durchgeführte Berechnungen.....	30
11	Habitatmodellierung	32
11.1	Grundlagen.....	32
11.2	Ergebnisse Bestvarianten.....	36
11.3	Zusammenfassung Habitatsimulation.....	44
12	Zusammenfassung der Ergebnisse	46

Verzeichnis der Beiblätter

Beiblatt 01	Übersicht Restwasserstrecke KW-Rheinau	M 1 : 10.000
Beiblatt 02	Übersicht Bestvarianten	
Beiblatt 03	Bilder linkes Ufer unterhalb Hauptwehr	
Beiblatt 04	Zulaufrinne Chly Rhy, Draufsicht	M 1 : 2.000
Beiblatt 05	Zulaufrinne Chly Rhy, Profile	M 1 : 250
Beiblatt 06	Strömungsbild Hauptwehr – Klosterinsel	
Beiblatt 07	Strömungsbilder Zulauf Chly Rhy, Variante B1	
Beiblatt 08	Strömungsbilder Zulauf Chly Rhy, Variante B3	
Beiblatt 09	Bilder oberer Abschnitt Chly Rhy	
Beiblatt 10	Modul M 1: Mündung Chly Rhy + Rampe	
Beiblatt 11	Modul M 2: Mündung Chly Rhy + Strukturen	
Beiblatt 12	B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr - Wassertiefen	
Beiblatt 13	B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr - Fliessgeschwindigkeiten	
Beiblatt 14	B2 + M1: Teilrückbau oberes Hilfswehr - Wassertiefen	
Beiblatt 15	B2 + M1: Teilrückbau oberes Hilfswehr - Fliessgeschwindigkeiten	
Beiblatt 16	B3 + M0: Vollrückbau oberes Hilfswehr - Wassertiefen	
Beiblatt 17	B3 + M0: Vollrückbau oberes Hilfswehr - Fliessgeschwindigkeiten	
Beiblatt 18	B3 + M2: Vollrückbau oberes Hilfswehr - Wassertiefen	
Beiblatt 19	B3 + M2: Vollrückbau oberes Hilfswehr - Fliessgeschwindigkeiten	
Beiblatt 20	Fliessgeschwindigkeiten Chly Rhy, $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$	
Beiblatt 21	Fliessgeschwindigkeiten Chly Rhy, $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$	
Beiblatt 22	Hochwasserbetrachtung $HQ_{100} = 1.142 \text{ m}^3/\text{s}$ - unterhalb oberes Hilfswehr	
Beiblatt 23	Hochwasserbetrachtung $HQ_{100} = 1.142 \text{ m}^3/\text{s}$ - oberhalb oberes Hilfswehr	
Beiblatt 24	Monatsmittelwerte am Pegel Neuhausen	
Beiblatt 25	Überschreitungsdauer Rheinabfluss am Pegel Neuhausen (in Tagen pro Monat) ($Q_{\text{Rhein}} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$)	
Beiblatt 26	Überschreitungsdauer des Abflusses in der Ausleitungs- strecke KW-Rheinau	
Beiblatt 27	Fahrwassertiefen in Abhängigkeit vom Durchfluss im Profil 56.224	
Beiblatt 28	Wassertiefen Fahrwasserrinne	
Beiblatt 29	Wassertiefen bei $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$	
Beiblatt 30	Fliessgeschwindigkeiten bei $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$	
Beiblatt 31	Ansicht OW Klosterinsel, B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr	
Beiblatt 32	Ansicht OW Klosterinsel, B2: Teilrückbau oberes Hilfswehr	

Beiblatt 33	Ansicht OW Klosterinsel, B3: Vollrückbau oberes Hilfswehr
Beiblatt 34	Ansicht OW oberes Hilfswehr, B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr
Beiblatt 35	Ansicht OW oberes Hilfswehr, B2: Teilrückbau oberes Hilfswehr
Beiblatt 36	Ansicht OW oberes Hilfswehr, B3: Vollrückbau oberes Hilfswehr
Beiblatt 37	Oberwasserbereich Zollbrücke
Beiblatt 38	Ansicht Zollbrücke, B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr + Vollabsenkung unteres Hilfswehr
Beiblatt 39	Ansicht Zollbrücke, B2: Teilrückbau oberes Hilfswehr + Vollrückbau unteres Hilfswehr
Beiblatt 40	Ansicht Zollbrücke, B3: Vollrückbau oberes Hilfswehr + Vollrückbau unteres Hilfswehr
Beiblatt 41	Blick auf Zollbrücke und oberes Hilfswehr
Beiblatt 42	Überschreitungsdauer eines Abflusses in der Ausleitungs- strecke (in Tagen pro Monat)
Beiblatt 43	Überflutungshäufigkeit Kiesbänke, Profil 54.849 (110) M1:500
Beiblatt 44	Überflutungshäufigkeit Kiesbänke, Profil 55.976 M1:500
Beiblatt 45	Überflutungshäufigkeit Kiesbänke, Profil 57.076 M1:500
Beiblatt 46	Überflutungshäufigkeit Kiesbänke, Profil 57.628 M1:500
Beiblatt 47	Massnahmen oberes Hilfswehr – Variante B 1 M 1:1.000
Beiblatt 48	Massnahmen oberes Hilfswehr – Variante B 2 M 1:1.000
Beiblatt 49	Massnahmen oberes Hilfswehr – Variante B 3 M 1:1.000
Beiblatt 50	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 20 m ³ /s
Beiblatt 51.1	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 25 m ³ /s
Beiblatt 51.2	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 25 m ³ /s – B1
Beiblatt 52	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 30 m ³ /s
Beiblatt 53	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 40 m ³ /s
Beiblatt 54	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 50 m ³ /s
Beiblatt 55.1	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 40 m ³ /s und Q _{min} Winterabfluss 20 m ³ /s

Beiblatt 55.2	Bilanz der Energieproduktion von KW Rheinau und Dotierwasserkraftwerk, Ausbauabfluss 40 m ³ /s und Q _{min} Winterabfluss 30 m ³ /s
Beiblatt 56	Substratverteilung Restwasserstrecke
Beiblatt 57	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B1 Äsche adult
Beiblatt 58	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B2 + M1 Äsche adult
Beiblatt 59	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M2 Äsche adult
Beiblatt 60	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M0 Äsche adult
Beiblatt 61	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B1 Äsche juvenile
Beiblatt 62	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B2 + M1 Äsche juvenile
Beiblatt 63	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M2 Äsche juvenile
Beiblatt 64	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M0 Äsche juvenile
Beiblatt 65	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B1 – Nase adult
Beiblatt 66	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B2 + M1 Nase adult
Beiblatt 67	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M2 Nase adult
Beiblatt 68	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M0 Nase adult
Beiblatt 69	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B 1 Nase juvenile
Beiblatt 70	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B2 + M1 Nase juvenile
Beiblatt 71	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M2 Nase juvenile
Beiblatt 72	Räumliche Verteilung der Habitateignung Variante B3 + M0 Nase juvenile

Verzeichnis der Anlagen

Anlage P 1	Restwasserstrecke KW Rheinau Lageplan der Profile	M 1:10.000
Anlage P 2	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 54.680, 54.719 (106), 54.763 (107)	M 1:250
Anlage P 3	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 54.784 (108), 54.801 (109), 54.849 (110)	M 1:250
Anlage P 4	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 54.881, 54.920 (111), 54.991	M 1:250
Anlage P 5	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 55.148, 55.356, 55.430 (102)	M 1:250
Anlage P 6	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 55.495, 55.549, 55.776	M 1:250
Anlage P 7	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 55.976, 56.224, 56.412	M 1:250
Anlage P 8	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 56.635, 56.866, 57.076	M 1:250
Anlage P 9	Bestvarianten B1 - B2 – B3 Q = 40m ³ /s Profile 57.296, 57.393	M 1:250

1 Ausgangszustand

Die Rheinschlinge bei Rheinau beginnt ca. 6,6 km unterhalb des Rheinfalls bei Schaffhausen und erstreckt sich über 4,5 km. Seit dem Bau des Kraftwerks Rheinau im Jahr 1956 wird der Abfluss des Rheins oberhalb eines Wehres, am Beginn der Schleife, in einen Stollen ausgeleitet und auf kürzestem Weg dem Rhein am Ende der Schleife wieder zugeleitet (siehe Beiblatt 1).

Über das Wehr wird die Restwasserstrecke (Rheinbett) mit einem Mindestabfluss von $Q = 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ beschickt. Ein höherer Abfluss erfolgt erst dann, wenn der Rheinabfluss den Ausbauabfluss des KW Rheinau von $Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$ überschreitet.

Mit dem Bau des Kraftwerks wurden in der Rheinschleife zwei sog. „Hilfswehre“ errichtet, die den Rhein abschnittsweise aufstauen, sodass die Restwasserstrecke derzeit den Charakter einer Staukette aufweist.

Die geringe Durchströmung und der Aufstau sind mit deutlichen ökologischen Defiziten verbunden, die eine Sanierung der Restwasserstrecke erforderlich machen. (Sanierungsfrist nach Schweizerischen Recht bis 2012, nach Deutschem Recht bis 2015)

Zum Zustand und den Sanierungsmöglichkeiten der Restwasserstrecke liegen verschiedene Untersuchungen vor:

Zustand und Entwicklungspotenzial der Restwasserstrecke beim Kraftwerk Rheinau Rheinaubund Schaffhausen, Juli 2003

*Restwassersanierung Grenzkraftwerke, Kraftwerk Rheinau; E-Werk Rheinau AG
Ökologische Grobbeurteilung und Sanierungsvorschläge für die Wasserentnahme am Rhein, SIGMAPLAN, Oktober 2004, im Auftrag des BWG und des BUWAL*

*Restwassersanierung Grenzkraftwerke, Kraftwerk Rheinau; E-Werk Rheinau AG
Bericht über die Dotierversuche vom 1. und 2. März 2006 auf der Restwasserstrecke Rheinau, SIGMAPLAN, August 2006, im Auftrag des BFE und des BAFU*

*Restwasserstrecke Kraftwerk Rheinau, Dotierversuche
Beurteilung der Uferstabilität
Dr. von Moos AG, Juni 2006, im Auftrag des BFE*

In diesen Berichten wird die Ausgangssituation umfassend beschrieben, weiter werden verschiedene Aspekte einer Restwassersanierung bearbeitet. Die oben erwähnten Untersuchungen werden als bekannt vorausgesetzt und im vorliegenden Bericht nicht nochmals aufgegriffen.

2 Aufgabenstellung

Auf der Grundlage der genannten Untersuchungen, insbesondere auf der Grundlage der im Jahr 2006 durchgeführten Dotierversuche, hat das Bundesamt für Energie (BFE) in Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Freiburg (RP Freiburg) einen Vorschlag für die Sanierung der Restwasserstrecke KW Rheinau erarbeitet.

Diese sog. „Behördenvariante“ sieht folgende Massnahmen vor:

- Erhöhung des Mindestabflusses in der Ausleitungsstrecke und jahreszeitliche Staffelung zwischen 20 m³/s und 60 m³/s
- Nutzung des erhöhten Mindestabflusses in einem Dotierkraftwerk
- Vollabsenkung des unteren Hilfswehrs
- Teilabsenkung des oberen Hilfswehrs

Diese Behördenvariante wird von einigen Seiten kritisch beurteilt, da der verbleibende Stau nach wie vor ökologisch unbefriedigend sei. Auch seien einige Aspekte noch nicht genügend ausgeleuchtet. (insbesondere Wasserzufluss zum Chly Rhy und die Energiebilanz bei grösserer Restwasserturbine).

In der vorliegenden Ergänzungsstudie sollten verschiedene andere Varianten untersucht und mit der Behördenvariante verglichen werden. Im Einzelnen waren folgende Fragen zu klären:

- Wie kann eine dauerhafte Durchströmung des Chly Rhy erreicht werden ?
- Welche Auswirkungen hat ein Teilrückbau und ein Vollrückbau des oberen Hilfswehrs auf:
 - die Strömungsverhältnisse ?
 - die Uferstabilität ?
 - die Wassertiefen für die Kleinschiffahrt ?
- Sind Strukturmassnahmen im Chly Rhy / im Rhein sinnvoll bzw. erforderlich ?
- Welche Auswirkungen haben die Varianten auf die Eignung der Restwasserstrecke als Fischhabitat (Habitatsimulation)?
- Abschätzung der Energiebilanz des KW-Rheinau und der zusätzlichen Dotierturbine
- Vorschlag für die technische Gestaltung des oberen Hilfswehrs im Hinblick auf Schiffs- und Fischgängigkeit

- Grobe Kostenschätzung für drei Bestvarianten als Faktor im Vergleich zur Behördenvariante

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Ergänzungsstudie erläutert. Mit dem Auftraggeber wurde vereinbart, dass keine Wertung der Varianten und auch kein Ausführungsvorschlag unterbreitet wird. Die Ergänzungsstudie liefert vielmehr nur die erforderlichen Grundlagen für eine nachfolgende Bewertung und Entscheidung durch die Behörden.

Der Perimeter der Ergänzungsstudie umfasst nur die Strecke vom Hauptwehr bis zum oberen Hilfswehr.

Die numerischen Modellrechnungen zu dieser Studie inkl. der Habitatsimulation und der Visualisierung wurden vom Büro sje – Schneider & Jorde, Stuttgart als Unterakkordant des IB Gebler erbracht.

3 Durchgeführte Arbeiten

Als Grundlage für die numerische Simulation wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Vermessung zusätzlicher Profile im Chly Rhy
- Erstellung Gesamtlageplan mit Integration Querprofile
- Erstellung und Eichung eines 1-dimensionalen numerischen Modells (IBG)
- Erstellung eines 2-dimensionalen Modells (sje)
- Eichung des 2D - Modells anhand Ergebnisse der Dotierversuche

In den nachfolgenden Kapiteln werden nur die sog. Bestvarianten erläutert, die innerhalb der Begleitgruppe als solche bestimmt wurden. Auf dem Weg zu diesen Bestvarianten wurden jedoch weitere Varianten untersucht, die allerdings im Bericht nicht weiter erläutert werden. Untersucht wurden u.a.:

- Teilabsenkung oberes Hilfswehr (ohne weitere Massnahmen)
(Behördenvariante 2009)
- Teilrückbau oberes Hilfswehr (ohne weitere Massnahmen)
- Vollrückbau oberes Hilfswehr (ohne weitere Massnahmen)
- Vollrückbau oberes Hilfswehr mit tiefer Zulaufrinne Chly Rhy und durchgehender Eintiefung Chly Rhy

Des Weiteren wurden Varianten mit einer um 20 cm tieferen Teilabsenkung (Behördenvarianten – 20 cm), mit verschiedenen Eintiefungen an der Mündung Chly Rhy und verschiedenen Öffnungsbreiten am Querdamm Chly Rhy durchgeführt.

4 Bestvarianten

4.1 Terminologie

Gemeinsam mit der Begleitgruppe wurden folgende drei Varianten als Bestvarianten bestimmt.

Bestvarianten (B)

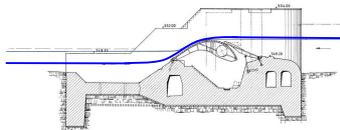
B 1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr plus (Behördenvariante plus)
Vollabsenkung unteres Hilfswehr

B 2: Teilrückbau oberes Hilfswehr plus
Vollrückbau unteres Hilfswehr

B 3: Vollrückbau oberes Hilfswehr plus
Vollrückbau unteres Hilfswehr

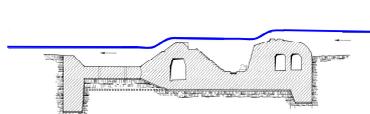
Das „plus“ in den Bezeichnungen der Bestvarianten bezieht sich auf die zusätzliche neue Ausgestaltung eines Zulaufs zum Chly Rhy, die für alle drei Bestvarianten identisch ist.

B1: Teilabsenkung ob. Hilfswehr plus
(Behördenvariante plus)



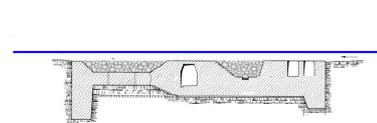
Teilabsenkung oberes Hilfswehr

B 2: Teilrückbau oberes Hilfswehr plus

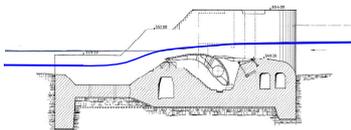


Teilrückbau oberes Hilfswehr

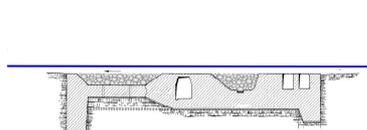
B 3: Vollrückbau oberes Hilfswehr plus



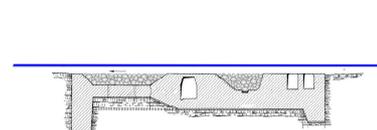
Vollrückbau oberes Hilfswehr



Vollabsenkung unteres Hilfswehr



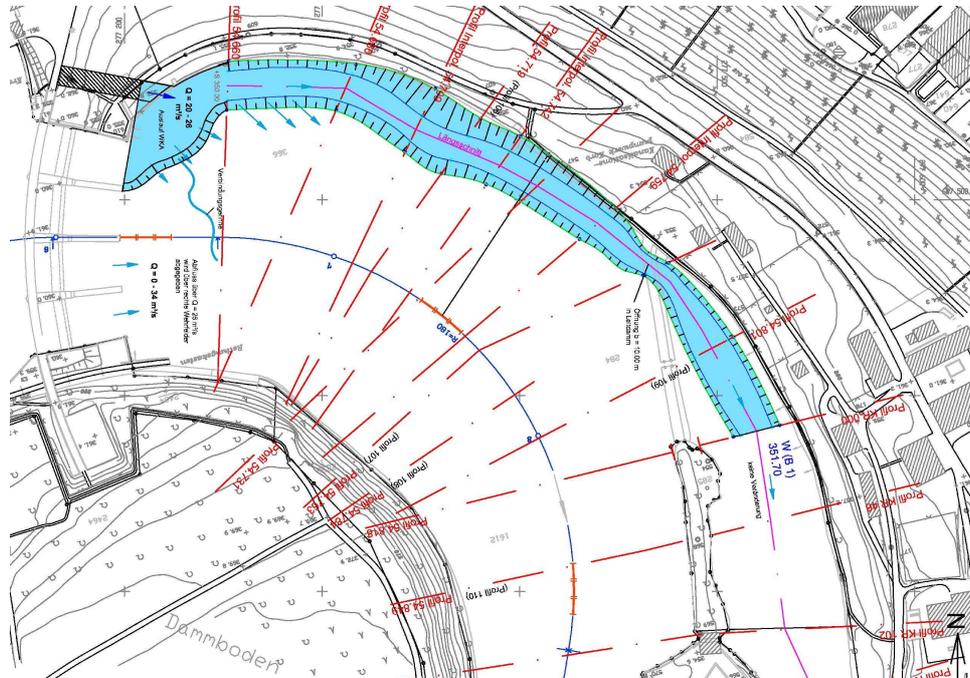
Vollrückbau unteres Hilfswehr



Vollrückbau unteres Hilfswehr

Für alle 3 Bestvarianten:

- Gestaltung des Auslaufs unterhalb Dotierkraftwerk als Becken
- Herstellung eines Zulaufgerinnes zum Chly Rhy
- Herstellung einer ca. 10 m breiten Öffnung im Querdamm Chly Rhy



4.2 Gestaltung Zulauf zum Chly Rhy

Ohne zusätzliche Massnahmen ergeben sich für den Chly Rhy folgende Zustände:

Teilabsenkung oberes Hilfswehr (Behördenvariante)

Ausgehend vom oberen Hilfswehr erfolgt ein Rückstau bis zum Hauptwehr. Auch der Chly Rhy wird zurück gestaut. Bis zum oberen Ende der Klosterinsel betragen die Wassertiefen 30 - 50 cm. Der obere Abschnitt des Chly Rhy (unterhalb Querdamm) fällt bei geringen Dotationsabflüssen ($Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$) trocken (siehe Beiblatt 9). Da das Gelände entlang des linken Ufers oberhalb des Querdamms trocken fällt (Beiblatt 3), erfolgt kein Zufluss in den Chly Rhy. Der gesamte Abfluss erfolgt auf der rechten Rheinseite über den Hauptarm.

Teilrückbau und Vollrückbau oberes Hilfswehr

Von Oberwasser erfolgt kein Zufluss in den Chly Rhy. Die Sohlenhöhe im Chly Rhy liegt 0,5 – 1,0 m höher als der Wasserspiegel des Rheins an der Mündung Chly Rhy.

Dies führt dazu, dass der Chly Rhy und auch das Plateau vor dem Einlauf vollkommen trocken fallen. Der Abfluss ist auf einen Teilbereich des Hauptarmes konzentriert. Für alle drei Umgestaltungsvarianten zum oberen Hilfswehr muss somit ein Wasserzulauf zum Chly Rhy geschaffen werden, sodass der Chly Rhy ständig mit Wasser durchflossen wird und der Charakter der Klosterinsel als vom Wasser eingeschlossene Insel erhalten bleibt.

Die für alle drei Bestvarianten identische Ausgestaltung besteht aus den folgenden Massnahmen:

- Das neue Dotierkraftwerk wird am linken Ufer neben dem Hauptwehr errichtet.
- Hier wird dauerhaft der zukünftige Ausbauabfluss des Dotierkraftwerks eingeleitet. Dieser beträgt mindestens $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$. Berücksichtigt wurde zusätzlich ein Abfluss von $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ für einen eventuellen Fischweg.
- Im Anschluss an den Kraftwerksauslauf wird die Sohle eingetieft (S: 350,00 m ü.M.) und ein Wasserbecken gestaltet.
- Ausgehend von diesem Becken verteilt sich der eingeleitete Abfluss auf:
 - Abflussanteil, der in die neu gestaltete Rinne zum Chly Rhy fliesst
 - Abflussanteil, der grossflächig über das vorhandene Gelände nach rechts zum Hauptarm des Rheins abfliesst.
- Entlang des linken Ufers wird in das vorhandene Gelände eine 15 – 30 m breite und 60 – 70 cm tiefe Rinne eingetieft (siehe Beiblätter 4 und 5). Die Sohlhöhe der Rinne liegt konstant bei 351,00 m ü.M. und damit nur 60 – 70 cm unter dem Geländeniveau des Plateaus in Flussmitte (351,60 – 351,70 m ü.M.).
- Im Querdamm (Zulauf Chly Rhy) wird ebenfalls eine Rinne eingetieft. Diese weist eine Sohlbreite von 10,0 m auf, die Sohlhöhe liegt auf 350,80 m ü.M.
- Auch unterhalb des Querdamms wird die Sohle geringfügig auf eine Sohlhöhe 351,00 m ü.M. eingetieft. Unterhalb des Profils 54.818 bleibt die Sohle im Chly Rhy unverändert.

Mit dieser Ausgestaltung kann der Chly Rhy ständig mit Wasser beschickt werden. Die Eingriffe in die Sohle und in den Querdamm wurden so gering wie möglich gehalten.

Die Forderung des Denkmalschutzes nach weitgehendem Erhalt des Querdamms ist erfüllt. Auch dem Wunsch nach „Ansprechbarkeit des Objekts“, auch am linken Ufer, kann durch den Erhalt eines 5,0 m breiten Dammabschnitts am linken Ufer entsprochen werden.

Da es Überlegungen gibt zukünftig am Dotierkraftwerk auch einen Fischweg zu errichten, wird das Becken durch eine naturnah gestaltete Rinne mit dem

Unterwasser des Hauptwehrs verbunden. Aufsteigende Fische können dann sowohl über den Chly Rhy als auch über den Rhein bis zum Unterwasser des Kraftwerks aufsteigen. Das Konzept für die Fischgängigkeit ist nicht Teil dieses Auftrages. Es scheint jedoch richtig, den Fischaufstieg in der Aussenkurve und in Kombination mit der Leitströmung aus der Restwasserturbine zu bauen.

Ergebnisse der numerischen Modellierung

Diese Variante wurde im 1D-Modell vordimensioniert und anschliessend in das 2D-Modell übernommen.

Bei den Berechnungen wurde angenommen, dass das Dotierkraftwerk einen Ausbauabfluss von 25 m³/s hat und ein zukünftiger Fischpass mit Q = 1,0 m³/s beschickt wird. Übersteigt der Mindestabfluss in der Restwasserstrecke den Ausbauabfluss des Dotierkraftwerks, so wird der zusätzliche Abfluss über das Wehr abgegeben.

z.B.: Mindestabfluss = 30 m ³ /s:	Zufluss in das Becken:	26,0 m ³ /s
	Abfluss über Wehr:	4,0 m ³ /s

Der Abfluss aus der Dotierturbine und aus dem Fischpass wird in das Becken eingeleitet und verteilt sich von dort in verschiedene Richtungen: ein Teil fliesst nach rechts dem Hauptarm des Rheins zu, der andere wird in die Zulaufrinne Chly Rhy (7,0 – 13,2 m³/s) abgegeben (siehe Beiblätter 6 bis 8).

Der Wasserspiegel in der Zulaufrinne liegt geringfügig über der Sohlhöhe des sich rechts anschliessenden Plateaus, so dass ein seitlicher Überlauf von der Zulaufrinne Chly Rhy auf das Plateau zum Hauptarm hin stattfindet.

Die Wassertiefe in der Zulaufrinne beträgt 0,60 m bis 0,80 m, die Fliessgeschwindigkeiten liegen zwischen 0,2 m/s und 0,4 m/s.

Am Ende der Zulaufrinne fliesst über die Öffnung im Querdamm ein Abflussanteil von ca. 4,0 m³/s in den Chly Rhy.

Wasserstände unterhalb Dotierturbine und Hauptwehr

Variante B1: Der Wasserspiegel im Becken unterhalb der Dotierturbine liegt etwas höher als der Wasserspiegel im Unterwasser des Hauptwehrs. Bei geringem Gesamtabfluss liegt der WSP im UW-Becken der Dotierturbine 30 cm höher als im UW des Hauptwehres (siehe Beiblatt 6). Bei 60 m³/s beträgt der WSP-Unterschied nur noch wenige cm.

Varianten B2 und B3: Gegenüber der Variante B1 liegt der Wasserspiegel im Unterwasser des Hauptwehrs deutlich tiefer, so dass der Höhenunterschied zum Wasserspiegel im Becken unterhalb der Dotierturbine größer ist. Bei geringem Gesamtabfluss liegt der WSP im UW-Becken der Dotierturbine 1,20 m höher als im UW des Hauptwehres. Bei $60 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt der WSP-Unterschied noch ca. 60 cm, bei $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ist der Wasserspiegel ausgeglichen.

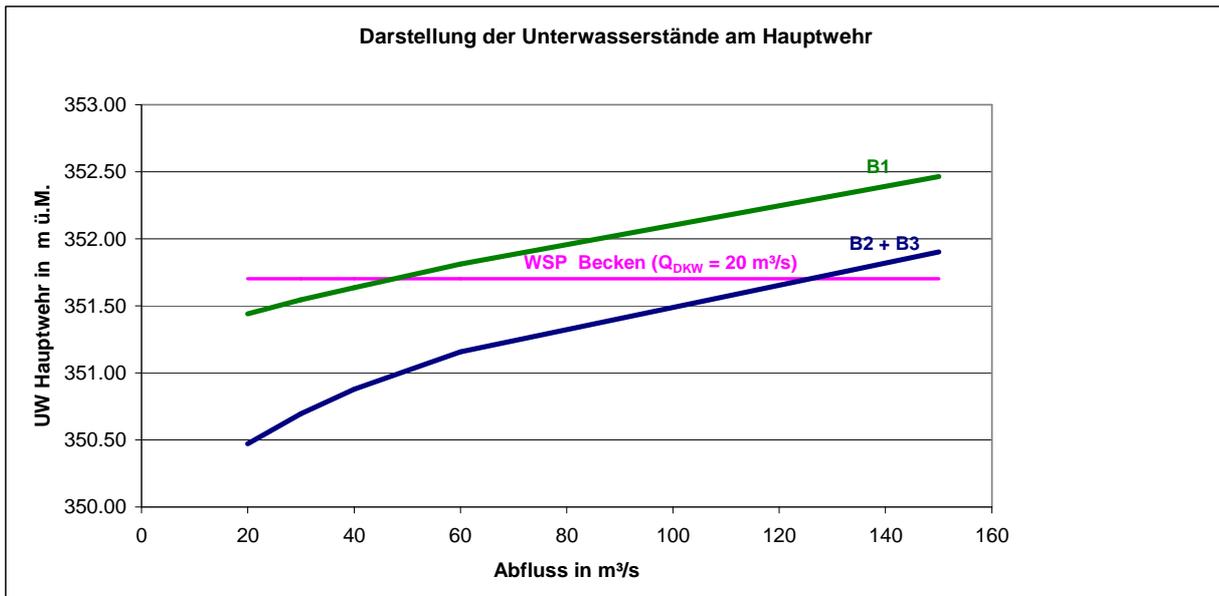


Abbildung 4.1: Darstellung der Unterwasserstände am Hauptwehr

Überströmung Plateau zwischen Zulaufrinne und Hauptarm

(siehe Beiblätter 7 und 8)

Die Strömungsverhältnisse in der Zulaufrinne sind bei allen Varianten nahezu identisch. Ausgehend von der Zulaufrinne wird das Plateau grossflächig aber nur mit geringer Wassertiefe (wenige cm) überströmt. Die Strömungsverhältnisse sind in dem Beiblatt 7 (für Variante B1) und Beiblatt 8 (für Variante B3) dargestellt.

Durch die unterschiedlich hohen Wasserspiegellagen im Rhein, zwischen einerseits der Variante B1 und andererseits den Varianten B2 und B3, ergeben sich zwischen den Varianten Unterschiede in der Benetzung des Plateaus. Bei Variante B1 (Teilabsenkung oberes Hilfswehr) werden grössere Flächen durch einen Rückstau vom Rhein her benetzt als bei den anderen Varianten. Deutlich wird dies durch die Fläche direkt oberhalb des Querdamms. Die trocken fallenden Flächen sind bei der Variante B1 wesentlich geringer als bei den Varianten B2 und B3. Während bei Variante B1 diese Fläche bei $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ und $60 \text{ m}^3/\text{s}$ benetzt ist (Beiblatt 7), ist diese Fläche bei Variante B3 auch bei $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ immer noch trocken (Beiblatt 8, Aussage zu B3 gilt auch für B2). Dies wird auch durch das Beiblatt 43 (Überflutungshäufigkeit Kiesbänke) deutlich.

Bereich unterhalb Querdamm

Direkt unterhalb der Öffnung im Querdamm muss die Sohle des Chly Rhy geringfügig eingetieft werden. Diese Eintiefung endet an der mit Bäumen bewachsenen Halbinsel. In Beiblatt 9 ist eine Gegenüberstellung des jetzigen Zustands, des Zustands während der Doterversuche (ohne Durchströmung Cly Rhy) und mit der vorgeschlagenen Zulaufgestaltung (zukünftiger Zustand Varianten B1, B2, B3) dargestellt.

4.3 Gestaltung Mündung Chly Rhy

Für die Ausgestaltung des Mündungsabschnittes des Chly Rhy wurden drei Module entwickelt:

- ⇒ **Modul M 0:** keine Massnahmen an der Mündung
- ⇒ **Modul M 1:** Umgestaltung Mündung Chly Rhy + *Rampe*
- ⇒ **Modul M 2:** Umgestaltung Mündung Chly Rhy + *Strukturen*

Während bei Variante B1 (Teilabsenkung oberes Hilfswehr) die Mündung des Chly Rhy eingestaut ist, liegt bei den Varianten B2 und B3 der Wasserspiegel im Rhein deutlich niedriger als die Sohle im Chly Rhy.

Für die Varianten B2 und B3 stellt sich somit der Frage nach einer Anpassung der Mündung des Chly Rhy an die tieferen Wasserspiegellagen im Rhein. Beweggründe für die Entwicklung der Module waren eine mögliche Erhöhung des Abflusses im Chly Rhy, die Zugänglichkeit für Boote und die Anbindung des Chly Rhy für Fische (Durchgängigkeit).

Modul M 1: Umgestaltung Mündung Chly Rhy + *Rampe*

Die Ausgestaltung dieses Moduls ist in Beiblatt 10 dargestellt.

Die Sohle wird auf einer Länge von ca. 85 m breitflächig eingetieft (maximale Eintiefung ca. 1,30 m). Daran anschliessend wird der Höhenunterschied von ca. 1,4 m zur Sohle des Chly Rhy auf einer Länge von ca. 70 m verzogen. Diese „Rampe“ ist mit einer Sohlneigung von 1:50 sehr flach und kann mit Bollensteinen als Stromschnelle gestaltet werden.

Modul M 2: Umgestaltung Mündung Chly Rhy + Strukturen

Die Ausgestaltung dieses Moduls ist in Beiblatt 11 dargestellt.

Mit Modul 2 wird der Höhenunterschied auf einer längeren Strecke mit drei Strukturelementen verzogen.

Die Sohle wird auf einer Länge von ca. 85 m breitflächig eingetieft (maximale Eintiefung ca. 1,30 m). Daran anschliessend wird der Höhenunterschied von ca. 1,4 m zur Sohle des Chly Rhy auf einer Länge von ca. 215 m verzogen und in diesem Abschnitt drei Stromschnellen (Grobkies / Bollensteine) mit einem Gefälle von jeweils ca. 1% integriert.

Die Bestvarianten B2 und B3 sind mit allen drei Modulen kombinierbar. Die Wasserspiegellagen der Varianten B2 und B3 sind unterhalb der Mündung Chly Rhy nahezu identisch.

Eine Anpassung der Mündung Chly Rhy ist auch zur Schaffung der Zugänglichkeit für Boote zu einer Bootsanlegestelle in diesem Bereich erforderlich. Je nachdem ob diese Anlegestelle am linken oder rechten Ufer erstellt werden soll, kann die Eintiefung weiter an das linke oder rechte Ufer verschoben werden.

4.4 Rhein zwischen Hauptwehr und oberem Hilfswehr

4.4.1 Bestvariante B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr, Behördenvariante plus (siehe Beiblätter 12 und 13)

Bei dieser Variante wird das obere Hilfswehr auf die Kote 351,17 m ü.M. teilabgesenkt. Die numerische Simulation für die Abflüsse 20, 30, 40 und 60 m³/s erbrachte folgende Ergebnisse:

Die gesamte Strecke wird vom oberen Hilfswehr eingestaut, der Wasserspiegel ist nahezu horizontal. Die Fliessgeschwindigkeiten sind sehr gering.

Wasserstände: Nahezu Horizontal

Wassertiefe: Hauptarm: > 2,0 m (siehe Beiblatt 12)

Trocken fallende Bereiche: Innenkurve unterhalb Mündung Chly Rhy

Fliessgeschwindigkeit im Hauptarm Rhein (siehe Beiblatt 13)

Q = 20 m³/s: fast überall 0 m/s, oberer Abschnitt teilweise: 0,1 – 0,2 m/s

Q = 30 m³/s: fast durchgehende Fahne mit v = 0,1 – 0,2 m/s

Q = 40 m³/s: wie bei 30 m³/s aber im oberen Abschnitt teilweise 0,2 – 0,3 m/s

Q = 60 m³/s: fast durchgehend 0,2 – 0,3 m/s, oberer Abschnitt teilweise: 0,3 – 0,4 m/s

4.4.2 Bestvariante B2: Teilrückbau oberes Hilfswehr plus

(siehe Beiblätter 14 und 15)

Bei dieser Variante werden die Schütze des oberen Hilfswehres ausgebaut, der Betonunterbau verbleibt. Der feste Wehrsockel weist eine Höhenkote von 349,20 m ü.M. auf. Die numerische Simulation für die Abflüsse 20, 30, 40 und 60 m³/s erbrachte folgende Ergebnisse:

Der Rückstau des festen Wehrsockels erstreckt sich auf ca. das untere Drittel der betrachteten Strecke. Ab Mündung Chly Rhy ist der Abfluss auf einen Teilbereich des Flussbetts beschränkt, die benetzte Breite beträgt hier nur noch ½ bis 2/3 der benetzten Breite im Ausgangszustand.

Wasserstände: Deutliches Gefälle zwischen UW Hauptwehr und OW oberes Hilfswehr (dh > 1,0 m)

Trocken fallende Bereiche: Bereich oberhalb Querdamm
Grosse Bereiche Innenkurve unterhalb Mündung Chly Rhy
Grosse Bereiche rechtes Ufer untere Hälfte

Wassertiefen im Hauptarm (siehe Beiblatt 14):

Q = 20 m³/s: Wassertiefen im unteren und oberen Abschnitt: > 1,50 m
direkt oberhalb des ob. Hauptwehrs: ca. 1,50 m
unterhalb Mündung des Chly Rhy: 0,8 – 1,0 m

Q = 30 m³/s: Wassertiefen ähnlich Q = 20 m³/s

Q = 40 m³/s: Wassertiefen überall > 1,0 m
unterhalb Mündung des Chly Rhy: ca. 1,0 m

Q = 60 m³/s: Wassertiefen überall > 1,10 m

Fliessgeschwindigkeit im Hauptarm Rhein (siehe Beiblatt 15):

Q = 20 m³/s: unterer und oberer Abschnitt: v = 0,10 – 0,30 m/s
unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,30 – 0,60 m/s

Q = 30 m³/s: fast überall: v > 0,2 m/s, grosse Bereiche > 0,30 m/s
unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,40 – 0,70 m/s

Q = 40 m³/s: überall > 0,2 m/s, grösstenteils > 0,30 m/s
unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,40 – 0,80 m/s

Q = 60 m³/s: überall > 0,3 m/s, grösstenteils > 0,40 m/s
unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,50 – 0,90 m/s

4.4.3 Bestvariante B3: Vollrückbau oberes Hilfswehr plus

(siehe Beiblätter 16 und 17)

Bei dieser Variante wird das obere Hilfswehr komplett zurückgebaut, so dass sich kein Höhengsprung in der Sohle ergibt. Die Ausgleichssohle weist eine Höhenkote von 347,70 m ü.M. auf.

Die Bestvariante wurde mit dem Modul 0 (keine Massnahmen an Mündung Chly Rhy) (siehe Beiblätter 16 und 17) und dem Modul 2 (Umgestaltung Mündung Chly Rhy + Strukturen) (siehe Beiblätter 18 und 19) kombiniert. Unterschiede ergeben sich nur für den Chly Rhy, der in Kap. 4.5 separat behandelt wird.

Die numerische Simulation für die Abflüsse 20, 30, 40 und 60 m³/s erbrachte folgende Ergebnisse:

Der Rückstau des oberen Hilfswehres ist vollkommen aufgehoben. Auf dem gesamten Gewässerabschnitt ist ein frei fliessendes Fliessgewässer vorhanden.

Ab Mündung Chly Rhy ist der Abfluss auf einen Teilbereich des Flussbetts beschränkt, die benetzte Breite beträgt hier die Hälfte der benetzten Breite im Ausgangszustand.

Änderungen zu Variante B2 (Teilrückbau) treten nur in der unteren Hälfte des Gewässerabschnitts auf (unterhalb km 56,00). Im Bereich Mündung Chly Rhy unterscheiden sich die Wasserstände nur um wenige cm.

Wasserstände: Deutliches Gefälle zwischen UW Hauptwehr und OW oberes Hilfswehr (dh > 2,0 m)

Trocken fallende Bereiche: Bereich oberhalb Querdamm
Sehr grosse Bereiche Innenkurve unterhalb Mündung Chly Rhy
Sehr grosse Bereiche rechtes Ufer untere Hälfte

Wassertiefen im Hauptarm (siehe Beiblatt 16/18):

Q = 20 m³/s: Wassertiefen im unteren und oberen Abschnitt: > 1,5 m
direkt oberhalb des ob. Hauptwehrs: 0,8 – 1,0 m
unterhalb Mündung des Chly Rhy: 0,8 – 1,0 m

Q = 30 m³/s: Wassertiefen ähnlich Q = 20 m³/s

Q = 40 m³/s: Wassertiefen überall > 1,0 m
unterhalb Mündung des Chly Rhy: ca. 1,0 m

Q = 60 m³/s: Wassertiefen überall > 1,1 m

Fliessgeschwindigkeit im Hauptarm Rhein (siehe Beiblatt 17/19):

Q = 20 m ³ /s:	unterer und oberer Abschnitt : v = 0,10 – 0,30 m/s unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,50 – 0,80 m/s
Q = 30 m ³ /s:	fast überall: v > 0,3 m/s, grosse Bereiche v > 0,40 m/s unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,50 – 1,0 m/s
Q = 40 m ³ /s:	überall > 0,3 m/s, grösstenteils > 0,40 m/s unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,60 – 1,0 m/s
Q = 60 m ³ /s:	überall > 0,4 m/s, grösstenteils > 0,50 m/s unterhalb Mündung des Chly Rhy: v = 0,60 – 1,0 m/s

Änderungen zu B2 treten nur in der unteren Hälfte des Gewässerabschnitts auf (Unterhalb km 56,00). Im Bereich Mündung Chly Rhy unterscheiden sich die Wasserstände nur um 1 - 2 cm.

4.5 Chly Rhy

Bereich unterhalb Querdamm

Direkt unterhalb der Öffnung im Querdamm muss die Sohle des Chly Rhy geringfügig eingetieft werden. Diese Eintiefung endet an der mit Bäumen bewachsenen Halbinsel. In Beiblatt 9 ist eine Gegenüberstellung des jetzigen Zustands, des Zustands während der Dotierversuche (ohne Durchströmung Cly Rhy) und der vorgeschlagenen Zulaufgestaltung (zukünftiger Zustand Varianten B1, B2, B3) dargestellt.

4.5.1 Abfluss

Mit der beschriebenen Gestaltung einer Zulaufrinne zum Chly Rhy ergibt sich im Chly Rhy ein Abfluss von 3,5 – 4,5 m³/s (bei Gesamtabflüssen von 20 - 60 m³/s). Zur Erhöhung des Abflusses im Chly Rhy wurden die Wirkungen verschiedene Massnahmen untersucht.

Variante B1 + zusätzliche Absenkung des Staus um 20 cm: Behördenvariante – 20 cm

Es zeigte sich, dass diese Absenkung nur zu einer unwesentlichen Erhöhung des Abflusses im Chly Rhy führt (z.B. von 3,5 auf 3,8 m³/s).

Auch die Kombination der Absenkung mit einer Eintiefung der Sohle im Mündungsabschnitt brachte keine wesentliche Erhöhung des Abflusses im Chly Rhy (z.B. von 3,5 auf 4,3 m³/s).

Variante B1 + Verbreiterung des Einlaufquerschnitts am Querdamm auf 15,0 m

Als letzte Variante wurde ermittelt, ob eine Abflusserhöhung durch eine Verbreiterung des Einlaufquerschnitts am Querdamm (Einlauf Chly Rhy) zu erreichen ist. Auch diese Verbreiterung von 10,0 m auf 15,0 m hatte keinen Erfolg (fast identische Werte).

Fazit

Eine Abflusserhöhung im Chly Rhy lässt sich nur bei einem niedrigeren UW-Stand am Querdamm (Einlauf Chly Rhy) erreichen. In diesem Fall würde weniger Abfluss oberhalb des Leitdammes seitlich zum Rhein abfließen und stattdessen ein höherer Abflussanteil in den Chly Rhy. Da dieser UW-Stand am Leitdamm jedoch bei allen untersuchten Untervarianten nahezu konstant bleibt, erfolgt auch keine Abflusserhöhung in den Chly Rhy.

Ein tieferer UW-Stand am Leitdamm und damit eine Abflusserhöhung im Chly Rhy lässt sich nur mit einer Eintiefung der Sohle auf der gesamten Länge des Chly Rhy erreichen.

Da diese durchgehende Eintiefung negativ beurteilt wurde, wurde diese Untervariante nicht untersucht.

4.5.2 Wassertiefen – Fließgeschwindigkeiten

(siehe Beiblätter 12 - 21)

Da bei den betrachteten Gesamtabflüssen von 20 - 60 m³/s die Abflüsse im Chly Rhy nur geringfügig variieren, ergibt sich auch nur eine geringe Abhängigkeit der Strömungsverhältnisse im Chly Rhy von diesen Gesamtabflüssen.

Da die Ausgangswasserspiegel im Rhein unterhalb der Mündung des Chly Rhy bei den Varianten B2 und B3 nahezu identisch sind, ergibt sich nur eine Abhängigkeit der Strömungsverhältnisse im Chly Rhy von den Modulen M0, M1 und M2, unabhängig davon, ob diese mit den Bestvarianten B2 oder B3 kombiniert werden.

Wassertiefen

Für alle Bestvarianten: 0,4 – 0,7 m,
im Bereich Klosterbrücke > 1,0 m

Bei der Bestvariante B1 führt mit zunehmendem Gesamtabfluss der Rückstau vom Rhein her zu einem Anstieg der Wassertiefen (durchgehend > 0,7 m bei $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$) (siehe Beiblatt 12).

Bei den Bestvariante B2 und B3, die mit den Modulen M0, M1 und M2 kombiniert wurden, ergeben sich im Mündungsbereich des Chly Rhy stark variierende Wassertiefen (Beiblätter 14, 16, 18).

Fliessgeschwindigkeiten

In den Beiblättern 20 und 21 ist ein Vergleich der Strömungsbilder für die einzelnen Bestvarianten bzw. Module dargestellt.

Gesamtabfluss 20 m³/s (Beiblatt 20)

Die Fliessgeschwindigkeiten liegen für alle Varianten bei $v = 0,2 - 0,4 \text{ m/s}$, abschnittsweise (Bereich Klosterbrücke) bei $v = 0,1 - 0,2 \text{ m/s}$.

Deutlich werden die Unterschiede im Mündungsbereich Chly Rhy.

Bei Modul M0 teilt sich der Abfluss in zwei Arme auf, die eine dort befindliche Kiesbank umfliessen. Hier ergeben sich ökologisch wertvolle Strukturen mit flach überströmten Kiesstrukturen.

Bei Modul M1 hingegen ergeben sich im Bereich der „Rampe“ erhöhte Fliessgeschwindigkeiten von bis zu $v = 1,0 \text{ m/s}$.

Bei Modul M2 sind die erhöhten Fliessgeschwindigkeiten auf einen längeren Abschnitt ausgedehnt. Hier ergeben sich ökologisch wertvolle Bereiche mit flach überströmten kiesigen Strukturen (Stromschnellen). Bei dieser Variante ergeben sich insgesamt etwas höhere Fliessgeschwindigkeiten im Chly Rhy, die grösstenteils über $v = 0,3 \text{ m/s}$ betragen.

Gesamtabfluss 60 m³/s (Beiblatt 21)

Bei Bestvariante B1 wirkt sich der Rückstau vom Rhein her auf den gesamten Chly Rhy aus, die Fliessgeschwindigkeiten reduzieren sich auf $0,0 - 0,2 \text{ m/s}$.

Bei den anderen Varianten ist der Einfluss des höheren Rheinwasserspiegels auf den unmittelbaren Mündungsabschnitt des Chly Rhy begrenzt.

Bei Modul M0 ergeben sich nur geringfügige Änderungen, bei den Modulen M1 und M2 reduzieren sich die Fliessgeschwindigkeiten im unmittelbaren Mündungsabschnitt auf $v = 0,1 - 0,2 \text{ m/s}$. Die Strömungsverhältnisse oberhalb des Mündungsabschnitts bleiben bei diesen Varianten unverändert.

5 Hochwasserbetrachtung $HQ_{100} = 1142 \text{ m}^3/\text{s}$

Um die Frage zu klären, inwieweit die Ufer- und Sohlstabilität durch die verschiedenen Wehrumgestaltungen beeinträchtigt werden kann, wurde für die gesamte Restwasserstrecke, d.h. vom Hauptwehr bis zur Rückleitung KW Rheinau eine numerische Berechnung für den Hochwasserabfluss $HQ_{100} = 1142 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgeführt (Gesamtabfluss ohne Abzug Abfluss KW Rheinau) für die Varianten:

Bestvariante B1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr und
Vollabsenkung unteres Hilfswehr

Bestvariante B3: Vollrückbau oberes Hilfswehr und
Vollrückbau unteres Hilfswehr

Die Ergebnisse sind in den Beiblättern 22 und 23 dargestellt und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Unterhalb oberes Hilfswehr.

B1: Fliessgeschwindigkeit grösstenteils: 2,0 – 2,4 m/s,
lokal in der Flussmitte: 2,5 – 3,0 m/s,
am Ufer: $v < 1,0 \text{ m/s}$
B3: nur geringfügige Änderungen zu B1

Oberhalb oberes Hilfswehr

B1: Fliessgeschwindigkeit grösstenteils: ca. 2,0 m/s,
lokal in der Flussmitte: 2,0 – 2,4 m/s,
am Ufer: $v < 1,5 \text{ m/s}$
B3: gegenüber B1: Erhöhungen v insbesondere im unteren Drittel:
in Flussmitte: 2,0-2,5 m/s
unteres Drittel in Flussmitte: 2,5-3,0 m/s
am Ufer: $v < 1,5 \text{ m/s}$

Abschätzung der bewegten Korngrößen

Unterhalb oberes Hilfswehr: bis 100 mm, punktuell bis 120 mm
Bereich unt. Hilfswehr: bis 500 mm
wenig Unterschiede zwischen B1 und B3

Oberhalb oberes Hilfswehr: B1: bis 60 mm, punktuell bis 80 mm
B3: Erhöhung zu B1 insbes. im unteren Drittel
direkt oberhalb ob. Hilfswehr: bis 160 mm

Ergebnis: Die Fliessgeschwindigkeiten sind nicht dramatisch hoch, sondern typisch für frei fliessende Strecken. Lokal wird es zu Erosionen und Sohlanpassungen kommen, insbesondere im Bereich des oberen Hilfswehres. Oberhalb des oberen Hilfswehres ist der einzige Abschnitt mit nennenswerten Unterschieden zwischen B1 und B3.

6 Hydrologie

Die Restwasserstrecke wird nicht nur von einem festgelegten Mindestabfluss, sondern auch vom natürlichen Abflussdargebot beschickt. Sowohl für die Beurteilung der Abflussdynamik in der Restrheinstrecke als auch für die Energiebilanz (Energieproduktion KW Rheinau und Dotierkraftwerk) ist eine möglichst differenzierte Kenntnis des natürlichen Wasserdargebots erforderlich.

Vom BAFU wurden die Tagesmittelwerte des Rheinabflusses am Pegel Neuhausen der Jahre 1960 bis 2009 zur Verfügung gestellt. Mit diesen Tageswerten wurden auf den jeweiligen Monat bezogenen Dauerzahlen erstellt.

In Beiblatt 24 ist der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ), der mittlere Abfluss (MQ) sowie der Dotierabfluss der Restwasserstrecke entsprechend Behördenvariante 2009 dargestellt.

In Beiblatt 25 ist die Überschreitungsdauer (Tage pro Monat) des Rheinabflusses am Pegel Neuhausen bezogen auf die einzelnen Monate dargestellt.

In Beiblatt 26 ist die Überschreitungsdauer (Tage pro Monat) des Rheinabflusses abzüglich des Ausbauabflusses des KW Rheinau ($Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$) dargestellt. Diese Grafik gibt somit das natürliche Abflussdargebot in der Restwasserstrecke an. Ebenfalls dargestellt ist der monatlich gestaffelte Dotierabfluss der Restwasserstrecke. Dieser ist gegenüber dem Dotierregime Behördenvorschlag 2009 (siehe Beiblatt 24) geringfügig geändert. In der Begleitgruppe wurde beschlossen den Restwasserabfluss in den Monaten Mai und September von $30 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $40 \text{ m}^3/\text{s}$ zu erhöhen. Aus dieser Grafik wird deutlich, dass in den Sommermonaten die Restwasserstrecke an vielen Tagen mit einem wesentlich höheren Abfluss als dem Dotierabfluss durchflossen wird. So wird im Monat Juni an 20 Tagen ein Abfluss von $95 \text{ m}^3/\text{s}$ überschritten.

7 Fahrwasserrinne für Kleinschiffahrt

Bisher konnten die Anforderungen der Kleinschiffahrt an die Fahrrinne nicht geklärt werden. In der Begleitgruppe wurde beschlossen, dass in den Rheinprofilen die Wasserspiegellagen für $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ eingetragen werden soll. Zusätzlich wurde ein Kasten ($b = 5,0 \text{ m}$, $h = 1,0 \text{ m}$) eingezeichnet, der die erforderliche Fahrwasserrinne für die Kleinschiffahrt darstellen soll.

Diese Querprofile und ein Lageplan sind in den Anlagen P1 bis P9 dargestellt.

Für die Bestvariante B1 sind durchgehend Fahrwassertiefen von 2,0 m vorhanden.

Für die Bestvariante B2 ergeben sich kritische Bereiche unterhalb der Mündung Chly Rhy, in denen nur eine schmale Abflusssrinne mit Wassertiefen von ca. 1,0 m vorliegt.

Für die Bestvariante B3 ergeben sich kritische Bereiche unterhalb der Mündung Chly Rhy und direkt oberhalb des oberen Hilfswehrs, in denen nur eine schmale Abflusssrinne mit Wassertiefen von ca. 1,0 m vorliegt.

Aus den Anlagen wird aber deutlich, dass bereits ab $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ in allen Profilen für alle Bestvarianten eine entsprechende Fahrwasserrinne mit einer Wassertiefe von 1,0 m gegeben ist.

Zu beachten ist, dass in den Sommermonaten, d.h. in den Hauptzeiten des Bootsbetriebs, die Restwasserstrecke an vielen Tagen mit einem höheren Abfluss $Q > 40 \text{ m}^3/\text{s}$ durchströmt wird. Mit diesen höheren Abflüssen steigen auch die Wassertiefen erheblich an.

In den Beiblättern 27 und 28 ist ein kritisches Profil (Profil 56.224) dargestellt, in dem für Variante B3 (Vollrückbau) die Wassertiefe bei $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ knapp bei 1,0 m liegt. Mit steigendem Abfluss erhöht sich die Wassertiefe auf über 2,0 m (bei $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$).

In Beiblatt 29 sind für die drei Bestvarianten die Wassertiefen für $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ dargestellt.

Fazit: Eine Fahrwasserrinne von $b = 5,0 \text{ m}$ und $t = 1,0 \text{ m}$ ist bei allen Bestvarianten bereits bei $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ gegeben. Bei den, in den Sommermonaten häufig auftretenden, höheren Abflüssen sind die Fahrwassertiefen wesentlich grösser als $t = 1,0 \text{ m}$.

Anzumerken ist, dass diese Aussage nur für die vorliegenden Rheinprofile gemacht werden kann. Es ist durchaus möglich, dass zwischen diesen Profilen geringere Wassertiefen vorliegen. Dies muss in der weiteren Planung geklärt werden.

Zur Herstellung einer durchgehenden Fahrrinne für Ausflugsboote können punktuell Massnahmen (Aufweitung, Vertiefung) erforderlich werden.

Weiterhin abzuklären ist, ob die in den Sommermonaten bei höheren Rheinabflüssen auftretenden höheren Fliessgeschwindigkeiten problematisch für den Bootsverkehr sind. Die Fliessgeschwindigkeiten sind für die drei Bestvarianten und für $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ in Beiblatt 30 dargestellt.

8 Landschaftsbild

Ein wesentliches Kriterium zur Bewertung der einzelnen Varianten ist das Landschaftsbild.

Um die Veränderungen des Landschaftsbildes aufzuzeigen, wurden verschiedene Visualisierungen (Beiblätter 31 bis 41) erstellt und die Überflutungshäufigkeit von Kiesbänken in ausgewählten Profilen dargestellt (Beiblätter 42-45).

Abschnitt Hauptwehr bis Klosterinsel

Bei allen Bestvarianten wird das Plateau zwischen Zulauftrinne Chly Rhy und Hauptarm des Rheins geringfügig überströmt.

Bei Variante B1 (Teilabsenkung ob. Hilfswehr) werden aufgrund der höheren Wasserstände im Rhein grössere Flächen durch einen Rückstau vom Rhein her benetzt als bei den anderen Varianten. Deutlich wird dies durch die Fläche direkt oberhalb der Klosterinsel. Die trocken fallenden Flächen sind bei der Variante B1 (Beiblatt 31) wesentlich geringer als bei den Varianten B2 und B3 (Beiblätter 32 und 33). Während bei Variante B1 diese Fläche bei $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ und $60 \text{ m}^3/\text{s}$ benetzt ist, ist diese Fläche bei den Varianten B2 und B3 auch bei $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ immer noch trocken.

Aus Beiblatt 43 wird deutlich, dass diese Fläche für die Varianten B2 und B3 erst bei Abflüssen $Q > 60 \text{ m}^3/\text{s}$ benetzt werden. Dies tritt in den Monaten Mai bis September an 9 - 21 Tagen im Monat auf, in den restlichen Monaten nur an wenigen Tagen im Monat.

Insgesamt wird das Gebiet von Hauptwehr bis Klosterinsel bei allen Varianten nach wie vor einen „nassen Charakter“ aufweisen. Nicht auszuschliessen ist, dass sich auf dem o.g. zeitweise trocken fallenden Gebiet mittelfristig ein Bewuchs entwickeln wird.

Chly Rhy

Mit der vorgeschlagenen Gestaltung wird der Chly Rhy ständig mit Wasser beschickt. Die Eingriffe in die Sohle und in den Querdamm werden so gering wie möglich gehalten.

Die Forderung des Denkmalschutzes nach weitgehendem Erhalt des Querdamms ist erfüllt. Auch dem Wunsch nach „Ansprechbarkeit des Objekts“, auch am linken Ufer, kann durch den Erhalt eines 5,0 m breiten Dammabschnitts am linken Ufer entsprochen werden.

Direkt unterhalb der Öffnung im Querdamm wird die Sohle des Chly Rhy geringfügig eingetieft. In Beiblatt 9 ist eine Gegenüberstellung des jetzigen Zustands, des Zustands während der Dotierversuche (ohne Durchströmung Chly Rhy) und der vorgeschlagenen Zulaufgestaltung (zukünftiger Zustand Varianten B1, B2, B3) dargestellt.

Bei allen Varianten ergeben sich flache kiesige Übergänge am Ufer, die benetzte Breite entspricht ca. 2/3 der derzeitigen benetzten Breite. Lediglich im unteren Mündungsabschnitt ergeben sich bei den Varianten B2 und B3 breitere kiesige Übergänge an beiden Ufern.

Der Chly Rhy behält seinen Charakter als Flussarm. Ebenfalls erhalten bleibt der Charakter der Klosterinsel als von Wasser umflossene Insel.

Rheinbett

Im Rhein selbst ergeben sich wesentliche Unterschiede in den einzelnen Varianten.

Bei Variante B1 bleibt nahezu die gesamte Bettbreite benetzt. Lediglich unterhalb der Mündung Chly Rhy (linkes Ufer) und im unteren Drittel (rechtes Ufer) ergeben sich flache kiesige Übergänge.

Bei Variante B2 erstreckt sich der Rückstau nur noch auf das untere Drittel der betrachteten Strecke. Unterhalb der Mündung Chly Rhy ist der Abfluss auf einen Teilbereich des Flussbetts beschränkt. Die benetzte Breite beträgt hier nur noch 1/2 bis 2/3 der benetzten Breite im Ausgangszustand.

Bei Variante B3 ist der Rückstau des oberen Hilfswehres vollkommen aufgehoben. Auf dem gesamten Gewässerabschnitt ist ein frei fließendes Gewässer vorhanden. Ab Mündung Chly Rhy ist der Abfluss auf einen Teilbereich des Flussbetts beschränkt. Die benetzte Breite beträgt hier nur noch ca. die Hälfte der benetzten Breite im Ausgangszustand.

Bei den Varianten B2 und B3 treten somit ausgedehnte, trocken fallende Kiesflächen an beiden Ufern auf.. Diese dürften im Sommer von Badenden und Ausflüglern rege benutzt werden. Mittelfristig ist anzunehmen, dass sich darauf ein Bewuchs entwickelt.

In Beiblatt 44 wird die Überflutungshäufigkeit der Kiesbank am linken Ufer unterhalb Mündung Chly Rhy dargestellt. Es wird deutlich, dass diese Fläche für die Varianten B2 und B3 erst bei Abflüssen $Q > 60 \text{ m}^3/\text{s}$ benetzt werden. Dies tritt in den Monaten Mai bis September an 9 - 21 Tagen im Monat auf, in den restlichen Monaten nur an wenigen Tagen im Monat. Eine vollständige Überflutung der Kiesbank erfolgt allerdings erst bei Abflüssen $Q > 150 \text{ m}^3/\text{s}$. Dies tritt in den Monaten Mai bis September an 3 - 12 Tagen im Monat auf.

Nicht auszuschliessen ist, dass sich auf der Kiesbank mittelfristig ein Bewuchs entwickeln wird.

Am rechten Aussenufer oberhalb des oberen Hilfswehrs fallen bei Variante B2 und Variante B3 grosse Uferbereiche trocken (siehe Beiblätter 35 und 36).

In Beiblatt 45 wird die Überflutungshäufigkeit der Kiesbank am rechten Ufer dargestellt. Es wird deutlich, dass diese Fläche für die Variante B2 erst bei Abflüssen $Q > 60 \text{ m}^3/\text{s}$ benetzt wird. Dies tritt in den Monaten Mai bis September an 9 - 21 Tagen im Monat auf, in den restlichen Monaten nur an wenigen Tagen im Monat.

Für die Variante B3 setzt eine Überflutung der Kiesbank erst bei Abflüssen $Q > 150 \text{ m}^3/\text{s}$ ein. Dies tritt in den Monaten Mai bis September an 3 - 12 Tagen im Monat auf

Bereich Zollbrücke – oberes Hilfswehr

In den Beiblättern 38 bis 40 ist eine Visualisierung dieses Abschnitts für die verschiedenen Varianten dargestellt.

Bei Variante B1 wurde eine Vollabsenkung des unteren Hilfswehrs angenommen. Die Varianten B2 und B3 wurden mit einem Vollrückbau des unteren Hilfswehrs kombiniert. Zwischen der Zollbrücke und dem oberen Hilfswehr kommt bei geringen Abflüssen auf der linken Uferseite eine Kiesbank zum Vorschein, die jedoch bereits bei $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ überströmt wird. Diese ist auch auf dem Bild auf Beiblatt 41 erkennbar. Die dort ebenfalls ersichtliche Felsbank unterhalb der Zollbrücke konnte nicht in das Modell übernommen werden, da hier keine Profilaufnahmen vorlagen.

In Beiblatt 46 wird die Überflutungshäufigkeit der Kiesbank am linken Ufer dargestellt. Die Unterschiede zwischen Vollabsenkung und Vollrückbau des unteren Hilfswehrs sind gering, die Wasserspiegellagen differieren nur um ca. 20 cm. Es wird deutlich, dass die Kiesfläche am linken Ufer bereits bei Abflüssen $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ teilweise benetzt wird. Abflüsse $Q > 60 \text{ m}^3/\text{s}$ treten in den Monaten Mai bis September an 9 - 21 Tagen im Monat auf, in den restlichen Monaten nur an wenigen Tagen im Monat.

9 Durchzuführende Massnahmen - Kostenvergleich

9.1 Massnahmen

Mit den Bestvarianten sind versch. Massnahmen verbunden, die im Folgenden kurz behandelt werden. Die am oberen Hilfswehr durchzuführenden Massnahmen sind in den Beiblättern 47-49 skizziert.

Für alle Bestvarianten

- Bau Dotierkraftwerk (wird hier nicht weiter behandelt)
- Herstellung Auslaufbecken Dotierkraftwerk und Zulaufrinne Chly Rhy

Bestvariante B1: Teilabsenkung ob. Hilfswehr (siehe Beiblatt 47)

- Umbau Wehrschütze
- Anpassung Steuerung Hilfswehr, Wehr muss betriebsbereit bleiben
- Anpassung Bootsübersetzstelle
- Neubau Fischpass rechtes Ufer
- Anpassung Bootsanlagestellen

Für die Behördenvariante, d.h. Bestvariante B1 wurden die Massnahmen bereits im Bericht SIGMAPLAN (2004) behandelt.

Die Wehrschütze müssen in einer neuen Stauhöhe verankert werden. Da die Schütze weiterhin bei Hochwasser abgesenkt werden müssen, ist die Wehrsteuerung dementsprechend anzupassen.

Die Bootsübersetzstelle muss an den tiefer liegenden Oberwasserstand angepasst werden.

Zur Herstellung der Fischgängigkeit wird der Bau eines technischen Fischpasses (Schlitzpass) am rechten Ufer vorgeschlagen.

Die Bootsanlagestellen und die Bootsplätze am rechten Ufer müssen an den tieferen Oberwasserstand angepasst oder verlegt werden.

Bestvariante B2: Teilrückbau ob. Hilfswehr (siehe Beiblatt 48)

- evtl. Massnahmen Mündung Chly Rhy (Modul M0, M1, M2)
- Massnahmen Sicherstellung Bootsschiffahrt
- Demontage Wehrschütze
- Abriss Trennpfeiler
- Rückbau best. Bootsübersetzstelle
- Neubau neue Bootsübersetzstelle
- Anpassung / Verlegung Bootsanlagestellen
- Bau Blocksteinrampen an beiden Ufern (zur Herstellung der Fischgängigkeit)
Evtl. Blocksteinrampe auf gesamter Breite

Wie schon beschrieben bieten sich zur Gestaltung der Mündung des Chly Rhy drei versch. Alternativen an (Module M0, M1, M2).

Zur Sicherstellung der Bootsschiffahrt sind evtl. Anpassungsmassnahmen im Rhein (lokale Eintiefung, Verbreiterung Fahrwasserrinne) erforderlich. Erforderlich wird auch die Neugestaltung einer Anlegestelle für Ausflugsboote landseitig im Bereich der Mündung Chly Rhy .

Bei der Variante B2 werden alle beweglichen Teile des Wehres demontiert und auch die Wehrpfeiler zurückgebaut. Lediglich der feste Wehrkörper bleibt bestehen.

Infolge des Betonkörpers verbleibt am oberen Hilfswehr noch ein Wasserspiegelunterschied von ca. 1,30 m.

Zur Herstellung der Fischgängigkeit wird der Bau von Blocksteinrampen an beiden Ufer vorgeschlagen. Auch eine Vollumgestaltung in eine Blocksteinrampe auf der gesamten Breite ist denkbar, dies ist allerdings mit wesentlich höheren Kosten verbunden.

Auch wenn der Wasserspiegelunterschied nur noch 1,30 m beträgt, so muss trotzdem eine neue Bootsübersetzstelle am linken Ufer errichtet werden.

Die Bootsanlagestellen und die Bootsplätze am rechten Ufer müssen an einen neuen Standort verlegt werden.

Bestvariante B3: Vollrückbau ob. Hilfswehr (siehe Beiblatt 49)

- evtl. Massnahmen Mündung Chly Rhy (Modul M0, M1, M2)
- Massnahmen Sicherstellung Bootsschiffahrt
- Demontage Wehrschütze
- Abriss Trennpfeiler und fester Wehrrücken
- Rückbau best. Bootsübersetzstelle
- Anpassung Bootsanlagestellen

Wie schon beschrieben bieten sich zur Gestaltung der Mündung des Chly Rhy drei versch. Alternativen an (Module M0, M1, M2).

Zur Sicherstellung der Bootsschiffahrt sind evtl. Anpassungsmassnahmen im Rhein (lokale Eintiefung, Verbreiterung Fahrwasserrinne) erforderlich. Erforderlich wird auch die Neugestaltung einer Anlegestelle für Ausflugsboote im Bereich Rheinau / Klosterinsel.

Bei der Variante B3 werden alle beweglichen Teile des Wehres demontiert und auch der gesamte Wehrkörper zurückgebaut. Auch die Bauten am linken Ufer (Steuerungshaus, Bootsübersetzstelle) werden zurückgebaut.

Ein merklicher Wasserspiegelunterschied ist nicht mehr vorhanden, so dass keine Massnahmen zur Herstellung der Fischgängigkeit erforderlich sind.
Auch eine gesonderte Bootsübersetzstelle ist entbehrlich.

Die Bootsanlagestellen und Bootsplätze am rechten Ufer müssen an einen neuen Standort verlegt werden.

Alle Bestvarianten: Unteres Hilfswehr

Für die beim unteren Hilfswehr vorgesehenen Massnahmen (Vollabsenkung bei B1 resp. Vollrückbau B2 und B3) gelten analoge Aussagen wie beim oberen Hilfswehr

9.2 Kostenvergleich.

Im Rahmen dieser Studie kann keine detaillierte Kostenermittlung erfolgen. Vielmehr soll nur ein qualitativer Kostenvergleich der einzelnen Varianten gegeben werden. Grundlage dieses Kostenvergleichs ist eine vorliegende Kostenschätzung der ERAG für die Behördenvariante 2009. Diese ergab folgende Kosten:

Kostenschätzung ERAG 2009 für Behördenvariante 2009 (Teilabsenkung oberes Hilfswehr und Vollabsenkung unteres Hilfswehr)

Teilabsenkung oberes Hilfswehr	1,0 Mio CHF
Anpassung Kahnrampen	2,7 Mio CHF
Fischaufstieg oberes Hilfswehr	2,6 Mio CHF
Allgemeine Kosten	1,4 Mio CHF
Bauzinsen	0,5 Mio CHF
Summe	8,2 Mio CHF

Bei dieser Kostenschätzung wurden auch die Kosten für das untere Hilfswehr integriert. Allerdings ging man davon aus, dass ein zusätzlicher Fischweg am unteren Hilfswehr nicht erforderlich ist.

Im Folgenden wird eine Kostenschätzung für die Massnahmen im Umfeld des oberen Hilfswehrs und auf der Rheinstrecke zwischen Hauptwehr und oberem Hilfswehr für die Bestvarianten B1, B2 und B3 betrachtet. Die Kosten für das untere Hilfswehr werden separat behandelt.

Bestvariante B1: Teilabsenkung ob. Hilfswehr (siehe Beiblatt 47)

Zulaufrinne Chly Rhy	0,8 Mio CHF
Teilabsenkung oberes Hilfswehr	1,0 Mio CHF
Anpassung Kahnrampe	1,5 Mio CHF
Fischaufstieg oberes Hilfswehr	2,6 Mio CHF
Allgemeine Kosten	1,0 Mio CHF
Bauzinsen	0,4 Mio CHF
Summe	7,3 Mio CHF

Bestvariante B2: Teilrückbau ob. Hilfswehr (siehe Beiblatt 48)

Zulaufrinne Chly Rhy	0,8 Mio CHF
Teilrückbau oberes Hilfswehr	3,0 Mio CHF
Neubau Kahnrampe	1,0 Mio CHF
Blocksteinrampen (Fischweg)	1,3 Mio CHF
Massnahmen Fahrwasserrinne	0,8 Mio CHF
Anpassung Bootsanlegestellen	0,6 Mio CHF
Allgemeine Kosten	1,5 Mio CHF
Bauzinsen	0,7 Mio CHF
Summe	9,7 Mio CHF

Bestvariante B3: Vollrückbau ob. Hilfswehr (siehe Beiblatt 59)

Zulaufrinne Chly Rhy	0,8 Mio CHF
Vollrückbau oberes Hilfswehr	5,0 Mio CHF
Massnahmen Fahrwasserrinne	1,1 Mio CHF
Anpassung Bootsanlegestellen	0,9 Mio CHF
Allgemeine Kosten	1,0 Mio CHF
Bauzinsen	0,7 Mio CHF
Summe	9,5 Mio CHF

Für das untere Hilfswehr sind zwei Varianten relevant, eine Vollabsenkung und ein Vollrückbau. Für diese Varianten werden folgende Kosten abgeschätzt:

Vollabsenkung unteres Hilfswehr (bei Variante B1)

Anpassung Kahnrampe	1,2 Mio CHF
Fischaufstieg unteres Hilfswehr	1,0 Mio CHF
Allgemeine Kosten	0,6 Mio CHF
Bauzinsen	0,2 Mio CHF
Summe	3,0 Mio CHF

Vollrückbau unteres Hilfswehr (bei Variante B2 und B3)

Vollrückbau unteres Hilfswehr	4,0 Mio CHF
Allgemeine Kosten	0,6 Mio CHF
Bauzinsen	0,3 Mio CHF
Summe	4,9 Mio CHF

In diesem Kostenvergleich sind laufende Kosten für Betrieb / Instandhaltung / Wartung der Anlagen nicht berücksichtigt. Hier ergeben sich Kostenvorteile der Bestvariante B2 und vor allem der Bestvariante B3. Da bei der Variante B1 alle festen und beweglichen Teile des Hilfswehrs erhalten bleiben, ergibt sich keine Reduktion des Wartungsaufwands gegenüber dem jetzigen Zustand.

Fazit:

Die einmaligen Baukosten für den Zulauf zum Chly Rhy und die Anpassung der beiden Hilfswehre (ohne Kosten für die Dotierturbine) liegen für die drei Bestvarianten in vergleichbarer Grössenordnung: um 10 Mio. CHF bei Variante B1 sowie um 14 Mio. CHF bei den Varianten B2 und B3 (d.h. ca. 40 % Mehrkosten bei B2/B3 gegenüber B1)

Bei den laufenden Unterhaltskosten sind die Varianten B2 (Teilrückbau) und vor allem B3 (Vollrückbau) günstiger als Variante B1 (Teilabsenkung), so dass anzunehmen ist, dass die höheren Baukosten der Varianten B2 und B3 durch die niedrigeren Unterhaltskosten langfristig ausgeglichen werden..

10 Bilanz der Energieproduktion

10.1 Randbedingungen

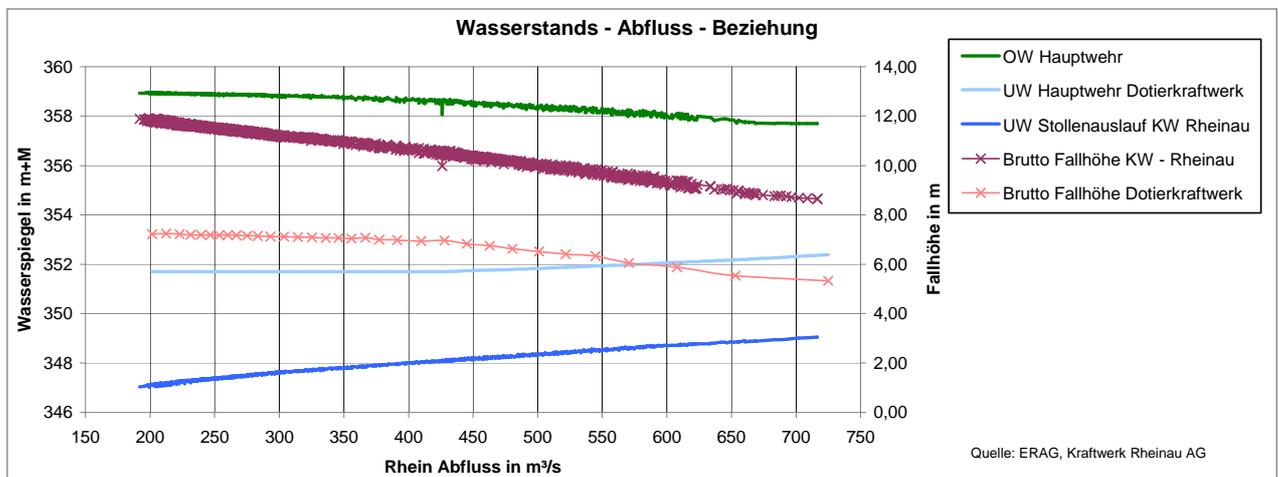
Stauwasserspiegel am Hauptwehr

Der Stauwasserspiegel am KW-Rheinau ist konzessionsbedingt vom Wasserspiegel im Rheinflallbecken abhängig. Der Wasserspiegel im Rheinflallbecken muss auf 359,00 m ü.M. gehalten werden. Der Stauwasserspiegel sinkt daher mit zunehmendem Rheinabfluss von 358,95 m ü.M. auf ein Minimum von 357,70 m ü.M. = 660 m³/s ab (Angaben ERAG).

Fallhöhe und Unterwasserspiegel KW Rheinau

Die Fallhöhe wurde auf Basis der von der ERAG bereit gestellten Schlüsselkurve des Unterwasserstandes des KW Rheinaus ermittelt. Der UW-Stand schwankt zwischen ca. 347,00 m ü.M. und ca. 349,00 m ü.M. die Fallhöhe schwankt zwischen 8,0 und 12,0 m.

Der Verlauf der Wasserstände und der Fallhöhe ist der folgenden Abb. zu entnehmen.



Fallhöhe und Unterwasserspiegel Dotierturbine

Der Wasserspiegel im Auslaufbecken des Dotierkraftwerks ist bei geringen Abflüssen ($Q < 60 \text{ m}^3/\text{s}$) für alle Bestvarianten nahezu konstant bei 351,70 m ü.M. (Unterschiede maximal 5 cm).

Bei Variante B1 wird das Becken ab $Q > 60 \text{ m}^3/\text{s}$ vom UW-Stand am Hauptwehr beeinflusst bzw. eingestaut. Bei den Varianten B2 und B3 beginnt dieser Einstau erst bei höheren Abflüssen.

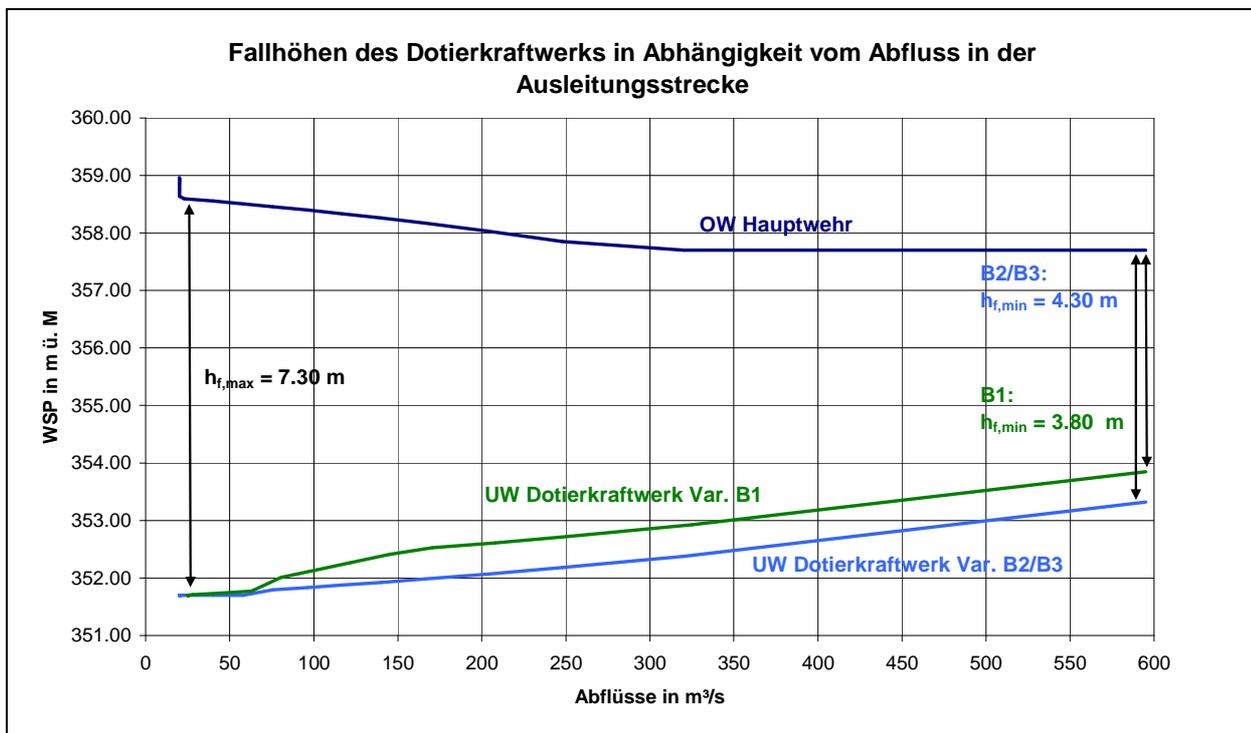
Für die folgende UW-Schlüsselkurve wurden die Unterwasserstände am Hauptwehr für die Bestvariante B3 verwendet.

- B3 $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ = 351,92 m+M (Vollrückbau o. HW)
- B3 $Q = 1142 \text{ m}^3/\text{s}$ = 355,40 m+M (Vollrückbau o. HW)

Für die Bestvariante B1 lag nur ein UW-Stand für $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ vor.

- B1 $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ = 352,47 m ü.M. (Teilabsenkung o. HW)

Überschlägig wird angenommen, dass der bei $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ vorhandene WSP-Unterschied von 0,55 m (zwischen Variante B3 und B1) auch bei höheren Abflüssen auftritt. Tendenziell wird dieser Unterschied mit steigendem Abfluss aber geringer.

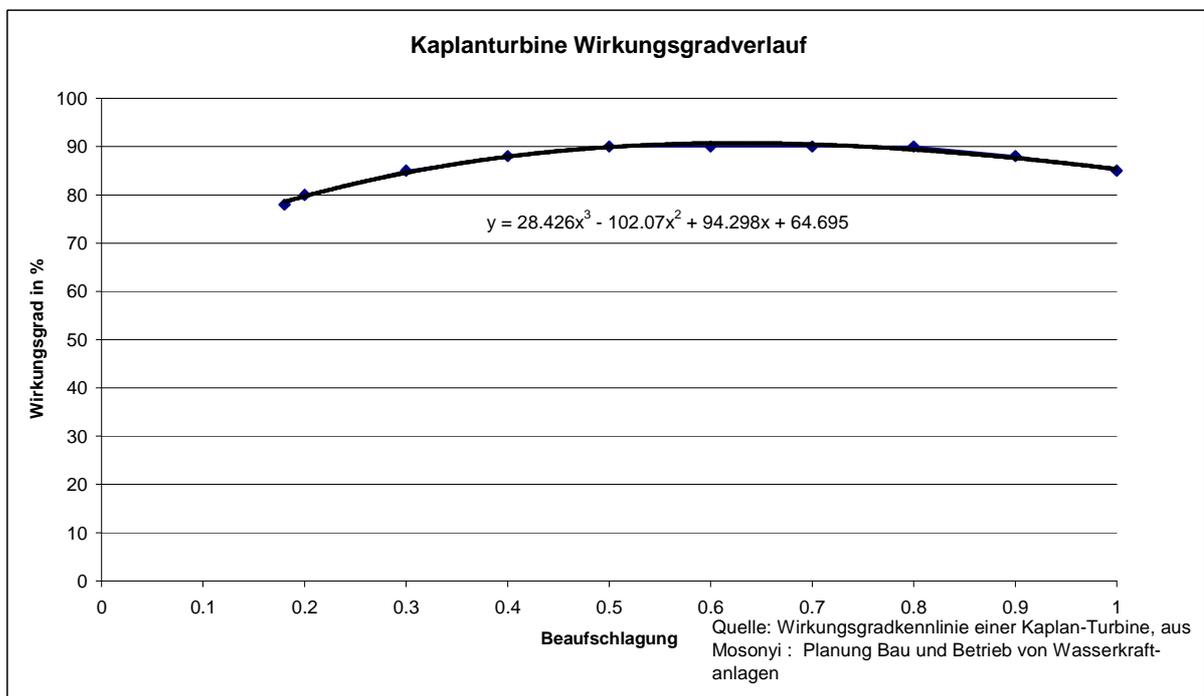


Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass der Unterwasserspiegel etwa ab einem Gesamtabfluss von $60 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Ausleitungsstrecke zunehmend ansteigt, bis eine minimale Fallhöhe von etwa $4,30 \text{ m}$ erreicht ist.

Bei den Energieberechnungen für das Dotierkraftwerk wurde die UW-Schlüsselkurve Variante B3 benutzt (identisch mit B2). Zusätzlich wurde eine Vergleichsrechnung für Variante B1 mit Q Dotierkraftwerk = 25 m³/s durchgeführt.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgradverlauf des KW-Rheinau ist nicht bekannt und wird deshalb für die Energieberechnung abgeschätzt. Es wird keine betriebliche Differenzierung in zwei Turbinen ($Q_A = 2 \times 200 \text{ m}^3/\text{s}$) berücksichtigt, vielmehr wird bei der Berechnung nur von einer Turbine ausgegangen ($Q_A = 400 \text{ m}^3/\text{s}$).



Dieser überschlägig ermittelte Wirkungsgradverlauf wird für beide Anlagen, KW-Rheinau und Dotierkraftwerk angesetzt.

10.2 Durchgeführte Berechnungen

Auf der Grundlage der in Kapitel 10.1 dargelegten monatlichen Dauerzahlen und des vorgegebenen, monatlich gestaffelten Dotierabfluss wurde die monatliche Energieproduktion im KW-Rheinau im Bestand (Dotierabfluss = 5,0 m³/s) und in Zukunft (monatlich gestaffelter Dotierabfluss) ermittelt und die entstehende Minderproduktion an Energie berechnet. Demgegenüber steht die Energieproduktion in der Dotierturbine.

Um den abschliessenden Entscheid, ob der Wehrüberfall von 5,0 m³/s zukünftig als zusätzlicher Abfluss im Dotierkraftwerk genutzt werden kann / soll nicht vorweg zunehmen, werden sowohl für den Ausbauabfluss von 20 m³/s als auch von 25 m³/s Angaben gemacht. Bei allen nachfolgenden Berechnungen wird davon ausgegangen, dass diese 5,0 m³/s genutzt werden.

Auf Wunsch der Begleitgruppe wurden auch Berechnungen für höhere Ausbauabflüsse des Dotierkraftwerks (Q = 30, 40, 50 m³/s) durchgeführt. Hierbei wurde jeweils angenommen, dass auch der Mindestabfluss in der Restwasserstrecke entsprechend angehoben wird, d.h. bei einem Ausbauabfluss der Dotierturbine von Q = 50 m³/s wird dieser Abfluss ständig in die Restwasserstrecke abgegeben.

Es ergibt sich folgende Energiebilanz:

a) Varianten B2 und B3 (Beiblatt 50, 51.1, 52 - 55)

Q = 20 m ³ /s = konst. Abfluss Dotierturbine:	Minderproduktion: 2,06 GWh / Jahr = 0,9 % der Jahresproduktion
Q = 25 m ³ /s = konst. Abfluss Dotierturbine:	Minderproduktion: 1,42 GWh / Jahr = 0,6 % der Jahresproduktion
Q = 30 m ³ /s = konst. Abfluss Dotierturbine:	Minderproduktion: 0,84 GWh / Jahr = 0,35 % der Jahresproduktion
Q = 40 m ³ /s = konst. Abfluss Dotierturbine:	Minderproduktion: 0,85 GWh / Jahr = 0,35 % der Jahresproduktion
Q = 50 m ³ /s = konst. Abfluss Dotierturbine:	Minderproduktion: 1,75 GWh / Jahr = 0,75 % der Jahresproduktion
Q = 20-40 m ³ /s variabler Abfluss Dotierturbine:	Mehrproduktion 2,79 GWh / Jahr = 1,2 % der Jahresproduktion
Q = 30-40 m ³ /s variabler Abfluss Dotierturbine:	Mehrproduktion 1,53 GWh / Jahr = 0,65 % der Jahresproduktion

b) Variante B1 (Beiblatt 51.2)

Q = 25 m ³ /s = konst. Abfluss Dotierturbine:	Minderproduktion: 1,62 GWh / Jahr = 0,47 % der Jahresproduktion
--	--

Bei den Energieberechnungen für das Dotierkraftwerk wurde die UW-Schlüsselkurve Variante B3 (identisch mit B2) für das Dotierkraftwerk angesetzt. Zusätzlich wurde eine Vergleichsrechnung für Variante B1 mit Q Dotierkraftwerk = 25 m³/s durchgeführt (siehe Beiblatt 51.2). Infolge des bei Variante B1 (im Vergleich zu B2 resp. B3) früher einsetzenden Einstaus des UW-Beckens am Dotierkraftwerk ergibt sich eine geringere Energieproduktion im Dotierkraftwerk von 0,2 GWh = 1,7 % der Energieproduktion des Dotierkraftwerks. Eine geringe Minderproduktion tritt für Variante B1 bei allen Ausbauabflüssen des Dotierkraftwerks auf.

Auf den ersten Blick erstaunt die Abnahme der Minderproduktion mit steigendem Abfluss der Dotierturbine zwischen 20 m³/s und 30 m³/s, die dann bei $Q > 40$ m³/s wieder ansteigt.

Auf den zweiten Blick ist dies aber nachvollziehbar. Der vorgegebene Dotierabfluss liegt während 7 Monaten (April bis Oktober) höher als der minimale Ausbauabfluss des Dotierkraftwerks von $Q=20$ m³/s (siehe Beiblatt 26). Dies bedeutet, dass ein Abflussanteil ungenutzt (am Dotierkraftwerk vorbei) über das Wehr abgegeben wird. Insbesondere in den Monaten April, Mai und Aug, Sep, Okt. wirkt sich dieser ungenutzte Abfluss negativ auf die Energieproduktion aus.

Bei einem Ausbauabfluss des Dotierkraftwerks von $Q=30-40$ m³/s wird bis auf geringe Zeiträume der in die Restwasserstrecke abgegebene Dotierabfluss vollständig im Dotierkraftwerk energetisch genutzt (positive Wirkung auf Energieproduktion). Allerdings ist jetzt während 5 Monaten (Nov. - März) der Dotierabfluss höher als ursprünglich vorgesehen. In diesem Zeitraum wird der erhöhte Abfluss statt im KW-Rheinau im Dotierkraftwerk abgearbeitet. Es kommt zu einer Minderproduktion infolge der geringeren Fallhöhe am Dotierkraftwerk. Allerdings überwiegt die o.g. positive Wirkung auf die Energieproduktion.

Die obigen Berechnungen basieren auf einem konstanten Abfluss der Dotierwasserturbine, d.h. eine Turbine mit beispielsweise 40 m³/s wird auch in den Wintermonaten mit 40 m³/s betrieben. Bei dieser Regelung fließt im Winter also deutlich mehr Restwasser als die 20 m³/s gemäss der saisonalen Abstufung in Beiblatt 26. Ergänzend wurden auch Regime mit variablem Abfluss der Dotierwasserturbine berechnet, d.h. eine Turbine mit beispielsweise 40 m³/s wird in den Wintermonaten mit den Werten gemäss Beiblatt 26 betrieben (d.h. 20 m³/s während Nov. - März.; 30 m³/s während April und Okt.). Das Beiblatt 55.1 zeigt die Energiebilanz für ein Dotierkraftwerk mit einer 40 m³/s Turbine, welche variabel mit 20-40 m³/s Restwasser beschickt wird und somit in den Monaten September bis Juni den gesamten Dotierwasserabfluss gemäss Beiblatt 26 nutzt. Bei dieser Regelung ergibt sich rechnerisch eine Mehrproduktion von 2,79 GWh / Jahr gegenüber dem Ausgangszustand. Das Beiblatt 55.2 zeigt die Energiebilanz für ein Dotierkraftwerk mit einer 40 m³/s Turbine, welche variabel mit 30-40 m³/s Restwasser beschickt wird, d.h.

im Winter fließt deutlich mehr Restwasser als nach Beiblatt 26. Bei dieser Regelung ergibt sich rechnerisch eine Mehrproduktion von 1,53 GWh/Jahr gegenüber dem Ausgangszustand.

Bei den Berechnungen mit einem Ausbauabfluss des Dotierkraftwerks $Q > 20 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt der gesamte Ausbauabfluss (KW Rheinau und Dotierkraftwerk) über $Q = 420 \text{ m}^3/\text{s}$. Die vom BFE vertretene Auffassung, dass der maximal genutzte Abfluss auf $Q = 420 \text{ m}^3/\text{s}$ zu begrenzen sei (ohne Konzessionsanpassung nur 5 % Erhöhung der Nutzwassermenge, d.h. $400 + 20 \text{ m}^3/\text{s}$), wurde bei diesen Berechnungen somit nicht berücksichtigt. Diese Studie liefert nur die technischen, hydraulischen Grundlagen, die fachliche und rechtliche Bewertung obliegt den zuständigen Behörden.

11 Habitatmodellierung

Die numerischen Modellierung und auch die Habitatsimulation wurden im Auftrag des IB Gebler vom Büro Schneider & Jorde, Stuttgart durchgeführt. Die folgenden Ausführungen entstammen dem Endbericht des Büros Schneider & Jorde (Januar 2011).

11.1 Grundlagen

11.1.1 Modellierungsprinzip

Die Habitatsimulation wurde mit dem am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart seit Beginn der 90er Jahre entwickelten Simulationsmodell CASiMiR (Computer Aided Simulation Model for Instream Flow Requirements) durchgeführt.

Klassischerweise wird im Rahmen von Habitatmodellierungen die Verknüpfung von physikalischen und biologischen Größen über sogenannte Präferenzfunktionen vollzogen. Diese geben über einen Eignungsindex (SI = suitability index) zwischen 0 (ungeeignet) und 1 (optimal geeignet) an, wie gut die Ansprüche bezüglich eines Umgebungsparameters erfüllt sind. Diese Funktionen werden anhand von Erfahrungswerten bzw. Beobachtungen und Feldmessungen entwickelt. Sie sind meistens univariat, das heisst, sie geben nur die Präferenz hinsichtlich einer Grösse (z.B. Strömung) wieder. Aus den damit ermittelten Einzeleignungen wird erst im Verlauf der weiteren Berechnungen eine Gesamteignung berechnet, die - je nach der gewählten Verknüpfungsmethode - stark variieren kann und das Zusammenwirken der Einzelfaktoren nicht berücksichtigt.

In CASiMiR wurde demgegenüber zusätzlich ein auf fuzzy-logischen Prinzipien beruhender Ansatz implementiert (SCHNEIDER, 2001), der mehrere Vorteile mit sich bringt:

Vorhandenes Wissen über die Habitatansprüche von Gewässerorganismen liegt meist in qualitativer oder semiquantitativer Form vor. Über fuzzy-logische Ansätze kann dieses Wissen in Berechnungen numerisch verarbeitet werden.

Fuzzy-logische Berechnungen berücksichtigen das Zusammenwirken von Habitatparametern, setzen aber nicht deren Unabhängigkeit voraus.

Fuzzy-logische Verfahren benötigen eine vergleichsweise geringe Anzahl von Mess- oder Beobachtungswerten.

In die Modellierung können bei Bedarf neue Parameter einbezogen werden.

Die Berechnungsschritte sind auch im Nachhinein noch nachvollziehbar (keine black box), Wirkungszusammenhänge können verdeutlicht werden.

Basiselement der Fuzzy-Logik sind unscharfe Fuzzy-Mengen, mit denen sich sprachliche Ausdrücke wie ‚grosse‘, ‚mittlere‘ oder ‚kleine‘ Wassertiefe definieren lassen. Diese Art der Definition kommt der Formulierung von ökologischen Sachverhalten sehr entgegen, da Systemverflechtungen dort selten durch exakte Funktionen zu beschreiben, sondern normalerweise nur qualitativ bekannt sind. Vorhandenes Expertenwissen lässt sich auf diese Weise in Form von sogenannten Inferenzregeln unkompliziert in Berechnungen einbinden und die Anpassung an verschiedene Gewässertypen ist einfacher zu vollziehen. Im Rahmen der Fuzzy-Modellierung werden für das, in einem hochaufgelösten Raster abgebildete, Gewässer in jeder Rasterzelle alle Regeln angewendet und auf ihren „Wahrheitsgehalt“ (Fachausdruck: Erfüllungsgrad) hin überprüft. Dann wird eine Gesamtkonsequenz, also eine aus allen Regeln gewonnene Habitateignung berechnet.

Für die Habitatsimulationen wurden die im Rahmen des Vorgängerprojekts (Schneider und Ortlepp 2003, im Auftrag des Rheinaubundes) entwickelten Expertenregeln zur Beschreibung der Habitatansprüche herangezogen.

Ein Beispiel für eine derartige Regel ist:

WENN Fließgeschwindigkeit „gering“ UND Wassertiefe „gross“

UND dominierendes Substrat „mittel“, DANN Habitateignung „gross“

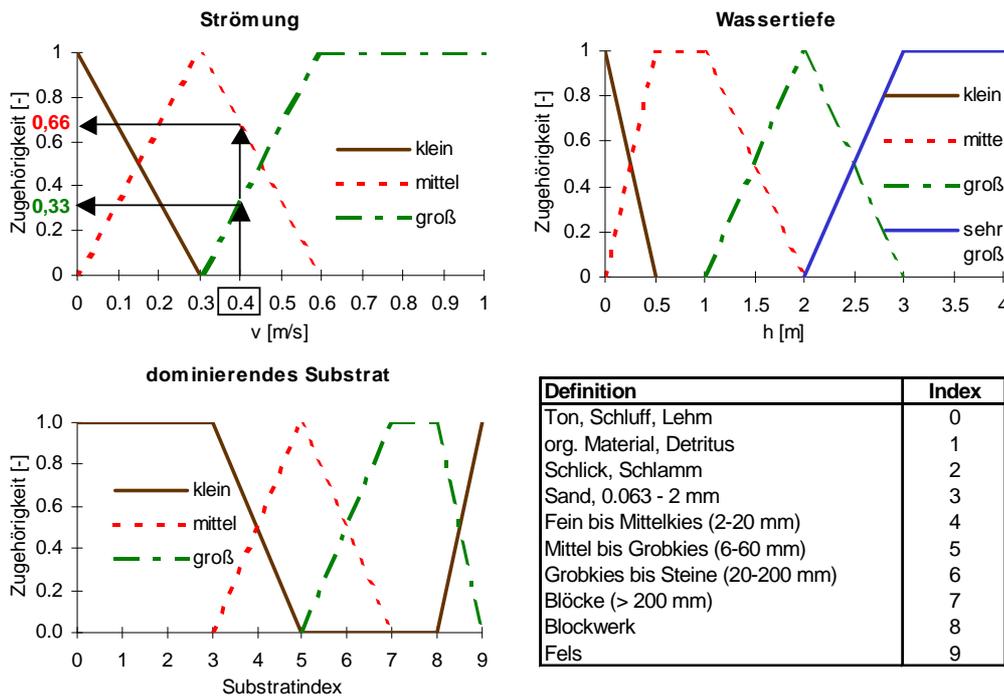


Abb 11.1 Verwendete Fuzzy-Mengen für Strömung, Wassertiefe und Substrat, Substratindex

Da für jede im Gewässer auftretende Kombination der Eingangsgrößen Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und dominierendes Substrat eine Regel mit einer Konsequenz (hier Habitateignung) zu erstellen ist, ergibt sich ein mehr oder weniger umfangreiches Regelwerk. Grundlage für die Erstellung eines derartigen Regelwerks sind Vor-Ort-Untersuchungen hinsichtlich der standorttypischen Ansprüche der zu betrachtenden Arten und deren Entwicklungsstadien (in dieser Untersuchung: Äschen und Nasen).

Die Regeln beinhalten unscharfe Ausdrücke, die über sogenannte Fuzzy-Mengen mit konkreten Zahlenwerten verknüpft werden. Bei der in Abb.11.1 gegebenen Definition dieser Fuzzy-Mengen für die Untersuchungsstrecke gilt z.B. folgendes:

Eine Fließgeschwindigkeit von 0,4 m/s wird zu 66 % den „mittleren“ Fließgeschwindigkeiten, gleichzeitig aber zu 33 % den „hohen“ Fließgeschwindigkeit zugerechnet.

Für die Untersuchungen wurde zusätzlich eine Substratklassifizierung mit Überschneidungen gewählt, da aufgrund der nur lokal vorliegenden Unterwasserfotos keine exakte Ansprache des Sohlssubstrats möglich war. Die Klassifizierung gibt Abb.11.1.

Während der Simulation wird für jedes Gewässerelement (insgesamt ca. 27.000) überprüft, welche Regeln der im Element vorhandenen Kombination von Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Substrat am nächsten kommen und daraus eine Habitateignung zwischen 0 (ungeeignet) und 1 (optimal geeignet) berechnet.

11.1.2 Verwendetes hydrodynamisches Modell

Für die Berechnung der hydraulischen Parameter wurde das zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modell (HN-Modell) SRH-2D verwendet. Es wurde vom Bureau of Reclamation der Vereinigten Staaten aus dem Modell SRH-W (Sedimentation and River Hydraulics – Watershed model) weiterentwickelt, welches heute hauptsächlich zur Niederschlags-Abflussmodellierung benutzt wird. Das Bureau of Reclamation ist eine Behörde unter dem Dach des amerikanischen Innenministeriums, die für Belange der Wasserwirtschaft und Wasserversorgung zuständig ist.

Die verwendete Version 2 von SRH-2D ist auf die Berechnung hydraulischen Verhaltens von Fließgewässern ausgelegt. Weitere Versionen zur Berücksichtigung von Sedimenttransport, zur Abbildung von Temperaturverteilungen sowie zur Voraussage regimeabhängiger Vegetationsentwicklung sind in der Entwicklung.

Die Grundlage für die hydraulischen Berechnungen stellen die tiefengemittelten Saint-Venant-Gleichungen dar, die mit einem Finite-Volumen-Verfahren gelöst werden. SRH-2D verwendet ein flexibles unstrukturiertes Gitter, das beliebig geformte Elemente enthalten kann. Empfohlen werden Hybrid-Gitter bestehend aus viereckigen und dreieckigen Elementen, die in der Regel den besten Kompromiss zwischen hoher Rechengenauigkeit und geringen Rechenzeiten ermöglichen. Mit SRH-2D können stationäre Strömungen (konstanter Abfluss) und instationäre Strömungen simuliert werden. Ausserdem ist es möglich, strömende und schiessende Abflüsse zu erfassen. Das Modell wurde in zahlreichen Projekten eingesetzt, die teilweise z.B. unter <http://www.usbr.gov/pmts/sediment/projects/index.html> aufgelistet sind, und kann als State-of-the-Art Modell bezeichnet werden.

11.1.3 Substrat und Kolmation

Die Substratverteilung und Kolmationsgrade wurden von den Vorgängeruntersuchungen übernommen und stellen sich wie in Beiblatt 56 dargestellt dar. Die Substratklassen weisen Überschneidungen auf, die in der Unschärfe der mit einer Unterwasserkamera erhobenen Felddaten begründet sind. Für die Variante B2 mit Rampe im untersten Teil des Chly Rhy wurde dort Blockwerk als Substrat angenommen. Hinsichtlich der Kolmation wird die Rampe wie blanker Fels behandelt.

11.2 Ergebnisse Bestvarianten

Habitatsimulationen wurden für die 3 Bestvarianten durchgeführt. Die Ergebnisdarstellung ist nach den untersuchten Fischarten und deren Altersstadien geordnet. Dadurch lassen sich die Unterschiede der Bestvarianten leichter nachvollziehen.

11.2.1 Habitate adulte Äsche

(siehe Beiblätter 57 - 60)

Für Variante B1 ergeben sich hydraulisch gut geeignete Lebensräume für die adulte Äsche bei Abflüssen bis 30 m³/s nur im Hauptarm am oberen Ende der Klosterinsel. Bei weiterer Abflusserhöhung dehnen sich diese Zonen nach Unterstrom aus. In der Variante B2-M1 mit Rampe macht sich der Teilrückbau des oberen Hilfswehrs deutlich bemerkbar. Zwar sind die benetzten Flächen aufgrund des geringeren Wasserspiegelniveaus kleiner, aber bereits beim geringsten Abfluss von 20 m³/s sind im gesamten Gewässerverlauf Bereiche mit hohen Eignungen zu finden, die sich bei 30 m³/s bereits stark erweitern. Der Ersatz der Rampe durch Pool-Riffle Sequenzen im unteren Teil des Chly Rhy in der Variante B3-M2 führt zu einem verbesserten Angebot für adulte Äschen. Variante B3-M0 ähnelt der Variante B2-M1 mit Rampe. Lediglich im direkten Mündungsbereich des Chly Rhy, der in Variante B3-M0 nicht abgetieft ist, sind die Eignungen geringer aufgrund der dort niedrigeren Wassertiefen. Der Rückbau des oberen Hilfswehrs (HW) in den Varianten B2 und B3 verbessert die Habitate bei geringen Abflüssen.

Etwas überraschend ist, dass für die Varianten B2 und B3 die Habitateignung für adulte Äschen bei Q=150 m³/s wesentlich geringer eingeschätzt wird als bei 60 m³/s. Dies basiert auf dem Modellansatz, dass Fliessgeschwindigkeiten über 0,7 m/s wenig geeignet für adulte Äschen seien. Nach Aussage von Dr. Ortlepp (Hydra-Institute, Urheber der Anspruchsdefinitionen) sollten durch diese Anspruchsdefinition schwimmschwächere Individuen berücksichtigt werden.

Grundsätzlich kommt Dr. Ortlepp zu der Aussage, dass Fliessgeschwindigkeiten von 0,8 - 0,9 m/s im Frühjahr für grosse Äschen nicht „wenig geeignet“ sind (wie in der Ergebnisdarstellung bei Variante B2 und B3 für Q = 150 m³/s dargestellt).

Die Situation wird also auch bei Abflüssen über 60 m³/s für viele Äschen günstiger sein als in den Beiblättern 58 - 60 dargestellt.

Eine Möglichkeit, die Habitatsimulationen in integrativer Weise auszuwerten, besteht darin, die Häufigkeitsverteilung der 10 Eignungsklassen zwischen 0 und 1 in Abhängigkeit vom Abfluss zu betrachten. Insbesondere der Anteil der sehr guten Eignungsklassen mit Werten > 0,7 kann dabei in die Beurteilung einfließen, da diese

Bereiche den Anteil an Zonen mit hydraulischen Bedingungen darstellt, die nahe am Optimum liegen. Diese Auswertung wurde für die Altersstadien Adult, Juvenil und Brut der zwei Zeigerarten Äsche und Nase durchgeführt.

Diese Auswertung zeigt, dass die guten Adulthabitate stark mit dem Abfluss variieren. In Variante B1 mit Teilabsenkung sind bei Abflüssen unter 40 m³/s nur wenige Standorte mit hohen Eignungswerten vorhanden, da die Fließgeschwindigkeiten meistens noch zu niedrig sind. Dafür ist bei den höheren Abflüssen eine stetige Zunahme festzustellen (0). In den Varianten mit Teil- und Vollrückbau des oberen Hilfswehrs treten sehr gute hydraulische Habitate bereits in grösserem Umfang bei Abflüssen unter 40 m³/s auf. Der starke Rückgang der geeigneten Flächen für die Varianten B2 und B3 bei höheren Abflüssen basiert auf der oben beschriebenen problematischen Anspruchsdefinition.

Q [m ³ /s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	86422	68668	56965	35207	20556
0.1<SI<=0.2	62411	41334	38949	40327	8556
0.2<SI<=0.3	99083	51553	34571	31862	17842
0.3<SI<=0.4	55326	81176	45279	22279	20358
0.4<SI<=0.5	11352	42634	69658	29740	31114
0.5<SI<=0.6	7860	35644	32497	40312	39016
0.6<SI<=0.7	4939	5670	33378	54732	60504
0.7<SI<=0.8	971	2398	18149	24654	67696
0.8<SI<=0.9	647	2379	4052	27072	46989
0.9<SI<=1.0	362	2466	3870	34682	37632
SI > 0.7					
	1980	7243	26071	86408	152317

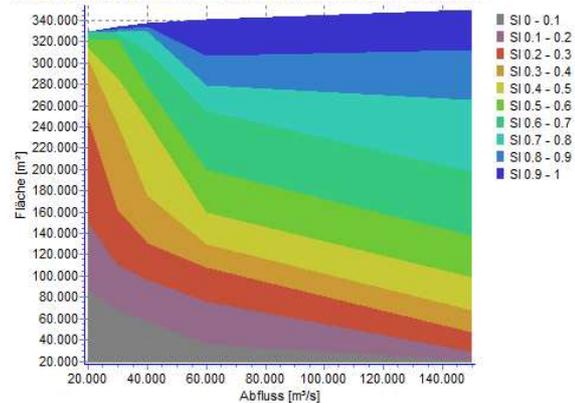


Abb 11.2 Quantitative Auswertung, Adulte Äsche, Variante B1

Q [m ³ /s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	53822	45749	40956	37417	40855
0.1<SI<=0.2	24524	22626	17770	14759	17058
0.2<SI<=0.3	24239	20091	19443	16091	48370
0.3<SI<=0.4	26105	23626	24500	25087	54697
0.4<SI<=0.5	33998	19792	17615	21405	41978
0.5<SI<=0.6	44255	44264	47466	68463	75521
0.6<SI<=0.7	20394	27563	21341	27283	18840
0.7<SI<=0.8	8142	20735	22903	21144	7522
0.8<SI<=0.9	3731	15032	25692	21062	3854
0.9<SI<=1.0	815	11772	20852	17299	1485
SI > 0.7					
	12688	47539	69447	59505	12861

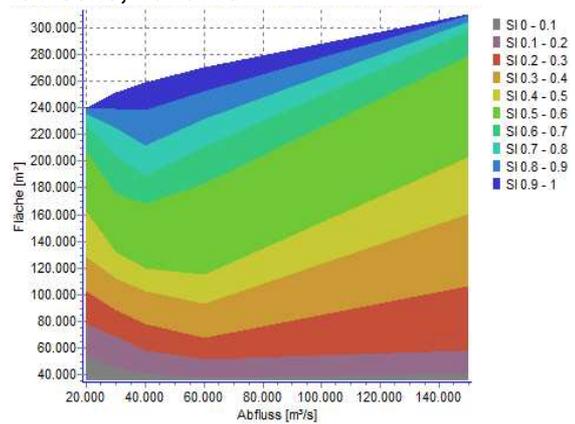


Abb 11.3 Quantitative Auswertung, Adulte Äsche, Variante B2-M1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	45316	42269	37930	34866	38097
0.1<SI<=0.2	18381	16918	14334	12750	18559
0.2<SI<=0.3	19533	16843	16671	14492	43746
0.3<SI<=0.4	20752	21921	25498	31415	60151
0.4<SI<=0.5	22348	18605	18369	20830	35216
0.5<SI<=0.6	44026	49912	56338	77648	80526
0.6<SI<=0.7	19317	17520	14792	22321	12765
0.7<SI<=0.8	11747	10922	13279	15358	3318
0.8<SI<=0.9	6403	12214	20677	11084	2182
0.9<SI<=1.0	849	16280	14109	5281	1068
SI > 0.7	18999	39416	48065	31723	6568

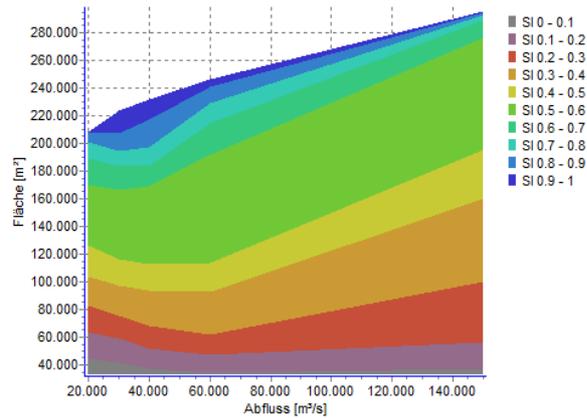


Abb 11.4 Quantitative Auswertung, Adulte Äsche, Variante B3-M2

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	47960	46060	41417	37632	37496
0.1<SI<=0.2	20808	18440	15872	14246	18660
0.2<SI<=0.3	22647	19119	18716	15866	45113
0.3<SI<=0.4	22113	22717	25480	32131	61516
0.4<SI<=0.5	21063	17842	17472	20455	34760
0.5<SI<=0.6	42786	49000	54599	76437	80515
0.6<SI<=0.7	16795	15638	13870	22003	12968
0.7<SI<=0.8	12808	10585	15282	16328	2615
0.8<SI<=0.9	6771	14127	21270	10601	1744
0.9<SI<=1.0	1155	16403	13880	4981	1019
SI > 0.7	20734	41115	50432	31910	5378

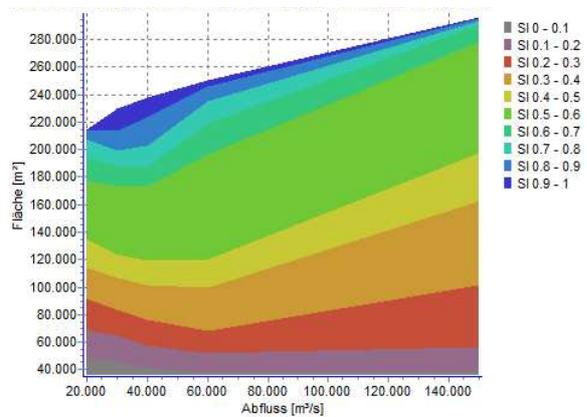


Abb 11.5 Quantitative Auswertung, Adulte Äsche, Variante B3-M0

11.2.2 Habitate Jungfische der Äsche

(siehe Beiblätter 61 - 64)

In Variante B1 finden Jungfische der Äsche bei allen Abflüssen gute Habitate vor, vor allem im Chly Rhy, aber auch in ausgedehnten ufernahen Zonen. Diese Situation ändert sich durch den Teilrückbau des oberen HW in Variante B2-M1 nur wenig. Es ergeben sich weitere gute Habitate im direkten Oberwasser des aktuellen Hilfswehrs während die ufernahen Habitate etwas reduziert sind. Auch beim Vollrückbau in Variante B3-M2 sind noch im gesamten Gewässerverlauf hydraulisch gut geeignete Zonen vorhanden. Deren Ausdehnung ist geringer als in den anderen Varianten. Aber unter Berücksichtigung der, im Vergleich zu adulten Fischen geringeren, Raumanforderungen der Jungfische ist die Situation dennoch als gut zu bezeichnen. B3-M0 ist wiederum nur im Chly Rhy unterschiedlich zu B3-M2 und weist wegen des stärkeren Rückstaus etwas bessere Jungfischhabitate auf.

Jungfische der Äsche finden bei allen Varianten grosse Flächen mit sehr guten hydraulischen Bedingungen vor. Diese stellen sich vor allem im Chly Rhy ein. Insgesamt sind die Flächenanteile bei der Variante B1 mit Teilabsenkung des oberen Hilfswehrs am grössten, weil sich durch den Rückstau auch im Hauptarm ufernahe strömungsberuhigte und flache Zonen ausbilden.

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	160684	168468	174235	187000	224600
0.1<SI<=0.2	10510	10622	11098	9350	8876
0.2<SI<=0.3	10740	10449	9199	8349	8030
0.3<SI<=0.4	16420	15005	14662	11119	11903
0.4<SI<=0.5	18357	17388	16178	11342	14965
0.5<SI<=0.6	15375	15280	14600	12531	13948
0.6<SI<=0.7	13516	13360	13867	14581	14063
0.7<SI<=0.8	13498	13192	12815	15430	13054
0.8<SI<=0.9	29632	27285	26699	25582	14998
0.9<SI<=1.0	40641	42873	44015	45583	25826
SI > 0.7	83771	83350	83529	86595	53878

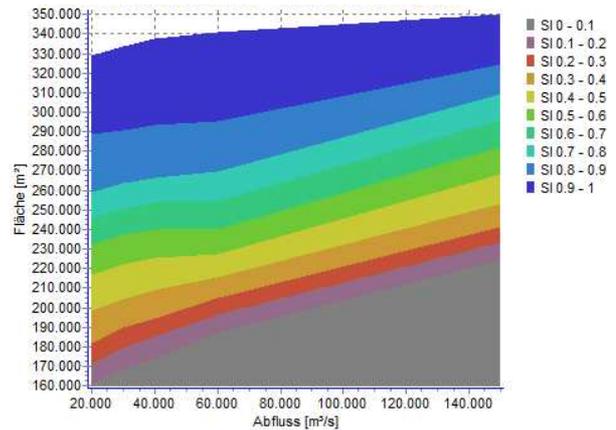


Abb 11.6 Quantitative Auswertung, juvenile Äsche, Variante B1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	49096	55242	63802	82294	139754
0.1<SI<=0.2	8359	12032	16453	22239	21866
0.2<SI<=0.3	9839	15302	16581	15870	19335
0.3<SI<=0.4	29550	32579	34436	32766	27083
0.4<SI<=0.5	26590	24885	23264	20435	13764
0.5<SI<=0.6	24266	24702	20941	18983	13715
0.6<SI<=0.7	19616	20871	19647	17850	17211
0.7<SI<=0.8	19072	15905	15336	15659	18213
0.8<SI<=0.9	29631	24874	22606	20885	21139
0.9<SI<=1.0	24006	24858	25472	23029	18100
SI > 0.7	72709	65637	63414	59573	57452

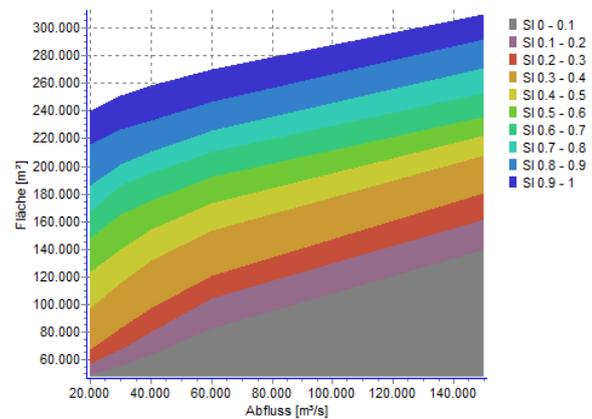


Abb 11.7 Quantitative Auswertung, juvenile Äsche, Variante B2-M1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	28183	35874	45002	61738	121255
0.1<SI<=0.2	7587	11151	14348	21388	22845
0.2<SI<=0.3	10069	15893	19709	21472	22857
0.3<SI<=0.4	43753	48298	48143	45066	38685
0.4<SI<=0.5	27912	25510	23519	20574	14232
0.5<SI<=0.6	20973	22764	20277	17954	14029
0.6<SI<=0.7	16294	16083	15662	14886	16110
0.7<SI<=0.8	14620	13144	11994	12143	16651
0.8<SI<=0.9	20824	17294	15966	14352	15241
0.9<SI<=1.0	18457	17393	17377	16472	13723
SI > 0.7	53901	47831	45337	42967	45615

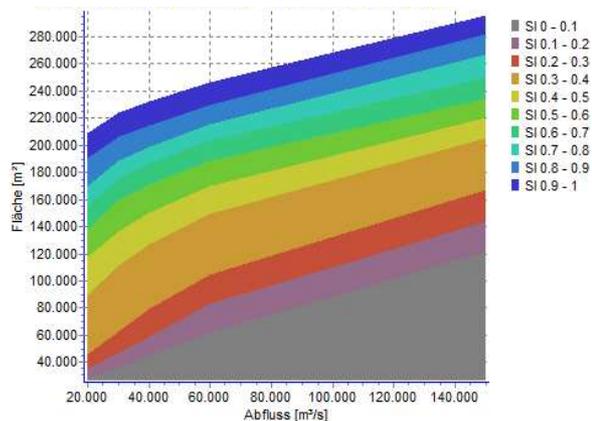


Abb 11.8 Quantitative Auswertung, juvenile Äsche, Variante B3-M2

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	29071	36865	45574	61833	121115
0.1<SI<=0.2	8126	10501	14450	21181	22443
0.2<SI<=0.3	9840	16432	19566	21910	21584
0.3<SI<=0.4	42525	49340	49392	46735	38798
0.4<SI<=0.5	29294	26625	23568	21041	14302
0.5<SI<=0.6	21754	22611	20419	17892	13787
0.6<SI<=0.7	16370	15883	15758	14269	14899
0.7<SI<=0.8	14374	12544	11889	11151	15850
0.8<SI<=0.9	22083	18811	17269	16026	18347
0.9<SI<=1.0	21469	20319	19973	18642	15281
SI > 0.7					
	57926	51674	49131	45819	49478

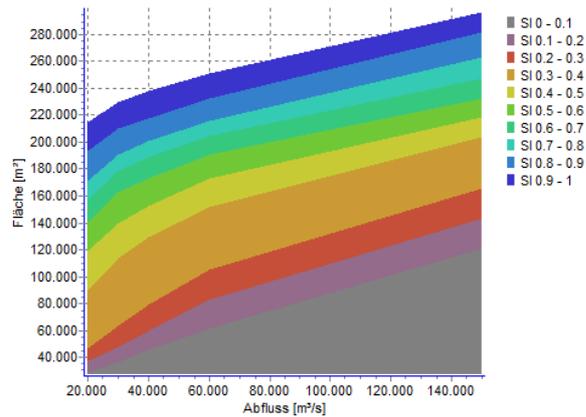


Abb 11.9 Quantitative Auswertung, juvenile Äsche, Variante B3-M0

11.2.3 Habitate adulte Nase

(siehe Beiblätter 65-68)

Die hohen Strömungsansprüche der adulten Nase führen dazu, dass in der Variante B1 mit Teilabsenkung des oberen HW erst bei Abflüssen über 60 m³/s grössere Zonen mit guten Eignungen vorhanden sind. Beim Teilrückbau in Variante B2-M1 ergeben sich dagegen schon bei 20 m³/s im Hauptarm grosse Bereiche mit hohen bis sehr hohen Eignungen. In Variante B3-M2 machen sich die weiter erhöhten Fließgeschwindigkeiten vor allem oberhalb des voll rückgebauten Hilfswehrs bemerkbar. Die installierten Strukturen im Chly Rhy sind aus den hohen Eignungen in den dort vorhandenen Riffle Zonen ablesbar. B3-M0 hat im oberen Chly Rhy etwas geringere Fließgeschwindigkeiten und damit geringere Eignungen für die strömungsliebende Nase.

Die Flächenteile der Eignungsklassen für die adulte Nase reflektieren die im Vergleich zur Äsche höheren Anforderungen an die Strömung. Die Varianten B2 und B3 mit Vollabsenkung bzw. Rückbau des oberen Hilfswehrs weisen insbesondere bei den niedrigen Abflüssen ein Vielfaches an guten hydraulischen Habitaten auf. Aber auch beim höchsten Abfluss von 150 m³/s sind die Flächen mit Eignungswerten > 0,7 noch ca. doppelt so gross wie bei der Variante B1 mit Teilabsenkung des oberen Hilfswehrs.

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	212179	156978	90210	44646	11664
0.1<SI<=0.2	71294	98906	136943	119354	11950
0.2<SI<=0.3	25939	39376	50885	77917	25600
0.3<SI<=0.4	6375	21900	30209	40121	48732
0.4<SI<=0.5	4903	6278	17464	20838	48968
0.5<SI<=0.6	3994	5375	5990	22649	68418
0.6<SI<=0.7	3500	3482	3373	10335	59700
0.7<SI<=0.8	682	683	1327	3282	44850
0.8<SI<=0.9	432	695	716	1517	26663
0.9<SI<=1.0	75	249	251	208	3718
SI > 0.7	1189	1627	2294	5007	75231

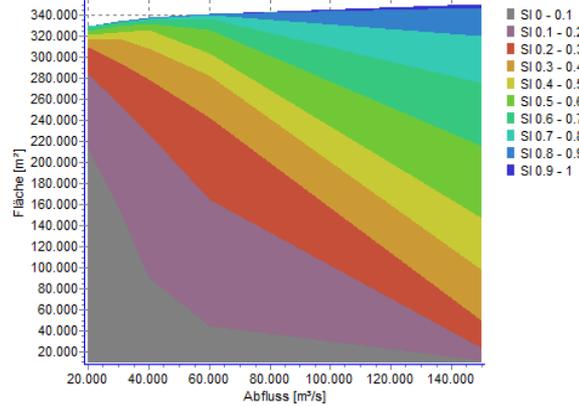


Abb 11.10 Quantitative Auswertung, adulte Nase, Variante B1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	57059	44893	39753	35154	21645
0.1<SI<=0.2	53678	37767	24131	17906	10675
0.2<SI<=0.3	34002	39365	37426	20960	11860
0.3<SI<=0.4	25793	26724	30042	22989	12691
0.4<SI<=0.5	17324	22727	21797	25646	13310
0.5<SI<=0.6	16060	19792	23486	27033	26680
0.6<SI<=0.7	12419	17430	22751	32491	51463
0.7<SI<=0.8	9073	17142	20108	20015	21475
0.8<SI<=0.9	14565	21484	29872	39051	65963
0.9<SI<=1.0	52	3926	9172	28765	74418
SI > 0.7	23690	42552	59152	87831	161856

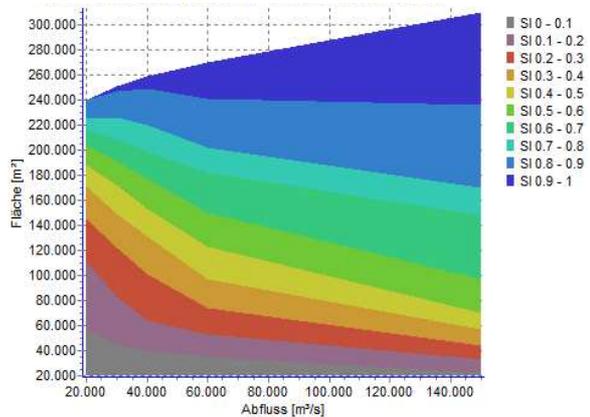


Abb 11.11 Quantitative Auswertung, adulte Nase, Variante B2-M1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	46991	41389	36816	32880	23413
0.1<SI<=0.2	24598	21641	16793	13915	11306
0.2<SI<=0.3	21240	19314	19429	15088	11920
0.3<SI<=0.4	23587	18055	18394	14391	11233
0.4<SI<=0.5	19016	20500	15409	13886	11269
0.5<SI<=0.6	17419	23207	23792	21454	23065
0.6<SI<=0.7	20860	24567	28781	31093	44762
0.7<SI<=0.8	9239	15829	18887	20888	21536
0.8<SI<=0.9	24268	35431	43891	53038	62352
0.9<SI<=1.0	1454	3471	9805	29412	74772
SI > 0.7	34961	54731	72583	103338	158660

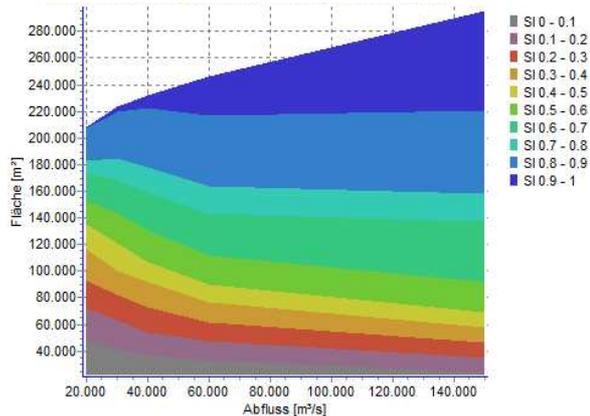


Abb 11.12 Quantitative Auswertung, adulte Nase, Variante B3-M2

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	48503	44434	39698	35092	22878
0.1<SI<=0.2	28251	23618	19177	16274	10991
0.2<SI<=0.3	23746	22065	21265	15944	12239
0.3<SI<=0.4	25495	18236	18089	14402	12281
0.4<SI<=0.5	20187	19482	16014	15010	12072
0.5<SI<=0.6	16985	25557	22381	20875	23284
0.6<SI<=0.7	17522	22880	29110	28732	45331
0.7<SI<=0.8	9637	15517	19620	21478	21708
0.8<SI<=0.9	23125	34889	43350	53956	61690
0.9<SI<=1.0	1455	3253	9154	28917	73932
SI > 0.7	34217	53659	72124	104351	157330

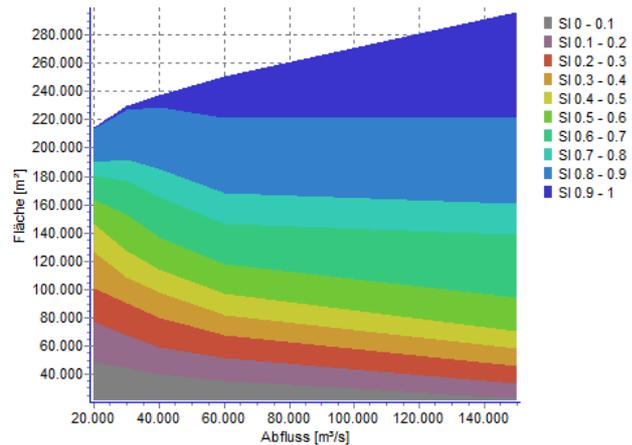


Abb 11.13 Quantitative Auswertung, adulte Nase, Variante B3-M0

11.2.4 Habitate Jungfische der Nase

(siehe Beiblätter 69 - 72)

Die Jungfische der Nase finden, im Gegensatz zu den adulten, auch in Variante B1 bei allen Abflüssen sehr gute Bedingungen vor. Lediglich beim höchsten Abfluss sind die guten Zonen auf die absoluten Uferbereiche beschränkt, die aber immer noch genügend Lebensraum bieten. Bei Variante B2-M1 sind auch bei geringen Abflüssen in mehreren Uferabschnitten, vor allem aber im Bereich der heutigen Bootsanlegestelle, hohe Eignungen ausgewiesen. Im Vergleich dazu sind beim Vollrückbau in Variante B3-M2 die Jungfischareale etwas reduziert, aber immer noch im gesamten Gewässerverlauf vorzufinden, in den direkten Uferzonen auch beim höchsten Abfluss von 150 m³/s. Der stärkere Rückstau durch die fehlende Abtiefung im Mündungsbereich des Chly Rhy wirkt sich in Variante B3-M0 auf die Jungfischhabitate positiv aus. Sie sind etwas ausgedehnter als in Variante B3-M2.

Wie schon bei der Äsche sind auch für die Jungfische der Nase in allen Bestvarianten deutliche Anteile mit hohen Habitateignungen vorhanden. Die Variante B1 mit Rückstau durch das obere Hilfswehr weist wiederum die grössten Flächenanteile auf. Aber auch bei den anderen Varianten ist das Angebot an guten hydraulischen Habitaten mit Mindestwerten zwischen ca. 13.000 m² beim höchsten Abfluss von 150 m³/s und ca. 28.000 m² beim niedrigsten Abfluss von 20 m³/s als umfangreich zu bezeichnen.

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	143712	156376	165566	186217	241418
0.1<SI<=0.2	18044	17863	19502	17066	27124
0.2<SI<=0.3	15094	15824	14732	11672	22210
0.3<SI<=0.4	15632	14692	12371	9563	18493
0.4<SI<=0.5	17063	15922	13888	10742	10234
0.5<SI<=0.6	19996	19386	17586	17479	9782
0.6<SI<=0.7	24773	23464	24077	23878	8570
0.7<SI<=0.8	20152	22027	25243	30098	5456
0.8<SI<=0.9	20720	20713	22177	21535	4217
0.9<SI<=1.0	34187	27655	22226	12617	2759
SI > 0.7	75059	70395	69646	64250	12432

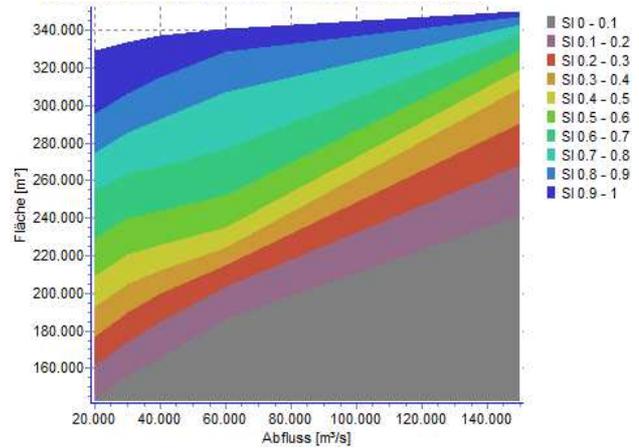


Abb 11.14 Quantitative Auswertung, juvenile Nase, Variante B1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	66865	95641	116987	146064	209271
0.1<SI<=0.2	23985	24624	21554	20200	18478
0.2<SI<=0.3	21272	17933	18290	14838	19325
0.3<SI<=0.4	17579	15988	15030	13160	16079
0.4<SI<=0.5	19770	17796	16581	15408	12366
0.5<SI<=0.6	22107	23276	20455	19103	12840
0.6<SI<=0.7	24810	21636	20223	17030	8810
0.7<SI<=0.8	21168	17098	15081	12278	4726
0.8<SI<=0.9	12210	10393	8675	6965	4176
0.9<SI<=1.0	10259	6865	5662	4964	4109
SI > 0.7	43637	34356	29418	24207	13011

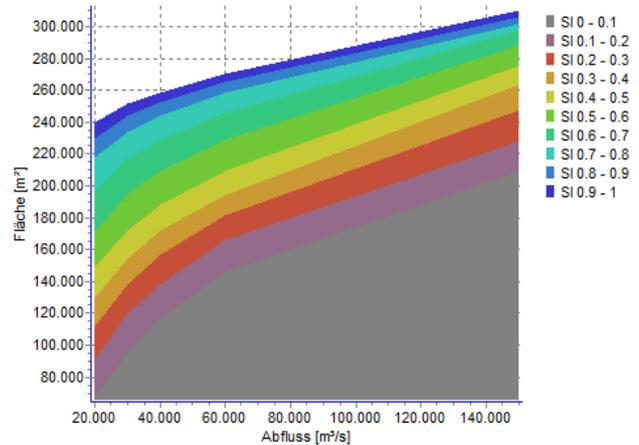


Abb 11.15 Quantitative Auswertung, juvenile Nase, Variante B2-M1

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	68204	99798	119109	145851	204199
0.1<SI<=0.2	24927	21656	19604	18198	17494
0.2<SI<=0.3	20641	17073	16588	13852	16361
0.3<SI<=0.4	14865	14170	13404	11773	15435
0.4<SI<=0.5	16655	14259	12463	12054	11395
0.5<SI<=0.6	16934	16715	15641	14610	9705
0.6<SI<=0.7	18493	16417	14287	12137	6786
0.7<SI<=0.8	13496	10559	9402	7856	4903
0.8<SI<=0.9	9162	7423	6666	5854	4314
0.9<SI<=1.0	5295	5334	4833	3860	5036
SI > 0.7	27953	23316	20901	17570	14253

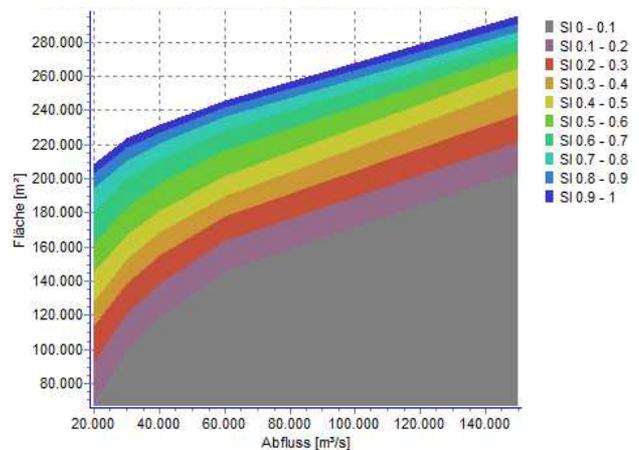


Abb 11.16 Quantitative Auswertung, juvenile Nase, Variante B3-M2

Q [m³/s]	20	30	40	60	150
Flächen gleicher Eignung [m²]					
0<=SI<=0.1	68193	99677	118197	145515	203471
0.1<SI<=0.2	25214	20819	18414	17578	15489
0.2<SI<=0.3	19051	15005	16025	12497	15445
0.3<SI<=0.4	14025	13858	13408	11514	15944
0.4<SI<=0.5	15803	15865	14051	13545	12555
0.5<SI<=0.6	19849	19373	18116	16874	11558
0.6<SI<=0.7	21297	18892	16067	13569	8774
0.7<SI<=0.8	16695	13786	12426	10674	4974
0.8<SI<=0.9	9846	7782	6896	5962	4012
0.9<SI<=1.0	4933	4874	4258	2952	4184
SI > 0.7	31474	26442	23580	19588	13170

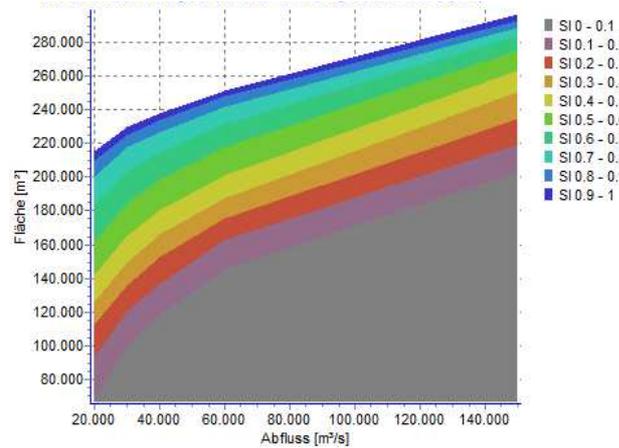


Abb 11.17 Quantitative Auswertung, juvenile Nase, Variante B3-M0

11.2.5 Brütlinge und Laichgebiete

Die Simulationen für Brütlinge sind nicht explizit dargestellt. Sie ähneln denen für die Jungfische, sind aber noch mehr auf die ufernahen Zonen beschränkt, auch schon bei geringeren Abflüssen.

Auch jene Flächen, die sich für das Ablachen eignen, konnten nicht simuliert werden. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass oberhalb der für Jungfische geeigneten Stellen auch ein Angebot an Laichgebiet vorhanden sein sollte resp. im Rahmen von Massnahmen zur Förderung der Kieslaicherarten Äsche und Nase geschaffen werden sollte (z.B. Auslegen von Kiesdepots, Entkolmatierung von vorhandenen Kiesflächen).

11.3 Zusammenfassung Habitatsimulation

Die Habitatsimulationen belegen, dass insbesondere für die strömungsliebenden adulten Altersstadien der Äsche und der Nase die Verhältnisse durch einen Teil- oder Vollrückbau des oberen Hilfswehrs deutlich verbessert werden können. Während sich für Jungfische im Chly Rhy auch bei Teilabsenkung des Hilfswehrs (Variante B1) über den gesamten untersuchten Abflussbereich gute bis sehr gute Bedingungen einstellen, sind dort geeignete Habitate für die adulten nur in speziellen Abflusssituationen zu finden. Ein Rückbau des oberen Hilfswehrs führt also zu einer Verbesserung der fischökologischen Situation.

Die Situation im Chly Rhy ist vor allem abhängig von den Sohlhöhen in dessen unteren Abschnitt. Bei den Varianten mit Rampe (Variante B2-M1) und ohne Abtiefung des Mündungsbereichs (Variante B3-M0) ergeben sich durch die verringerten Fließgeschwindigkeiten bessere Bedingungen für Jungfische. Die

Variante mit Strukturen im Chly Rhy (Variante B3-M2) und dadurch bedingten geringeren Sohlhöhen bringt etwas bessere hydraulische Verhältnisse für die adulten.

Die Installation einer Zulaufrinne zum Chly Rhy im Unterwasser der Dotierturbine und die Erweiterung der Querdammöffnung am Einlauf des Chly Rhy sind in zweifacher Hinsicht positiv zu bewerten. Zum Einen wirken sich die erhöhten Fliessgeschwindigkeiten im Chly Rhy vorteilhaft aus, zum Anderen ergeben sich wertvolle Jungfischhabitate in den zwischen der Zulaufrinne und dem Hauptarm liegenden, flach überströmten Zonen im Oberwasser der Klosterinsel.

Das Fehlen geeigneter Laichareale ist vor allem in der momentan in weiten Bereichen vorhandenen, teilweisen Zusetzung der Sohle begründet. Diese ist in Beiblatt 56 in Form eines mittleren Kolmationsgrades dargestellt. Durch die Teilabsenkung bzw. den Teil- oder Vollrückbau der Hilfswehre wird sich die Durchströmung der Rheinschleife dauerhaft verbessern, so dass auch von einer Verringerung der Kolmation auszugehen ist. Dadurch werden sich voraussichtlich die Laichbedingungen verbessern, insbesondere für die Nase. Für die Äsche, die für ihr Laichgeschäft geringere Substratgrößen als die Nase bevorzugt, stellt aber das begrenzte Angebot an geeigneten Kiesfraktionen einen limitierenden Faktor dar. Dieses wird sich durch die alleinige Änderung der Strömung und des Abflussregimes nicht verbessern.

Zur Bewertung der Ergebnisse ist auch die zeitliche Korrelation der Lebenszyklen der Fische mit dem Abflussregime wichtig. Auch wenn ein Gewässerabschnitt kein abgeschlossenes System ist und ein Austausch mit benachbarten Abschnitten stattfindet, ist prinzipiell anzustreben, dass in einem Gewässerabschnitt geeignete Lebensräume für alle Altersstadien der Fische vorliegen.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei allen Bestvarianten über das ganze Jahr geeignete Lebensräume für die Jungfischstadien vorliegen. Für adulte Nasen und Äschen liegen hingegen bei der Bestvariante B1 nur zu Zeiten höherer Wasserführung (Monate Mai bis September) geeignete Randbedingungen vor, für die anderen Varianten hingegen über das ganze Jahr hinweg.

Die Laichzeit der Äsche liegt in den Monaten März bis April, die der Nase in den Monaten März bis Mai. Für die Fortpflanzung sind geeignetes Substrat (geeignete Korngrößen und möglichst kolmationsfreier Kies) sowie eine entsprechende Strömung über diesen Kiesflächen erforderlich. Weiterhin müssen natürlich fortpflanzungsreife (adulte) Fische vorhanden sein.

Da geeignete Strömungsbedingungen zur Laichzeit nur bei den Bestvarianten B2 und B3 vorliegen, bieten diese beiden Varianten wesentliche Vorteile gegenüber Variante B1. Wie in Kap. 11.2.5 geschildert ist für eine erfolgreiche Fortpflanzung aber auch die weitere Voraussetzung eines geeigneten Laichsubstrats erforderlich.

12 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wurden drei Bestvarianten (B) erarbeitet:

B 1: Teilabsenkung oberes Hilfswehr plus (Behördenvariante plus)
Vollabsenkung unteres Hilfswehr

B 2: Teilrückbau oberes Hilfswehr plus
Vollrückbau unteres Hilfswehr

B 3: Vollrückbau oberes Hilfswehr plus
Vollrückbau unteres Hilfswehr

Das „plus“ in den Bezeichnungen der Bestvarianten bezieht sich auf die zusätzliche neue Ausgestaltung eines Zulaufs zum Chly Rhy, die für alle drei Bestvarianten identisch ist.

Für alle 3 Bestvarianten:

Gestaltung des Auslaufs des Dotierkraftwerks als Becken
Herstellung eines Zulaufgerinnes zum Chly Rhy
Herstellung einer ca. 10 m breiten Öffnung im Querdamm Chly Rhy

Alle drei Bestvarianten sind technisch umsetzbar.

Die Ausgestaltung des oberen Abschnitts zwischen Hauptwehr und Klosterinsel ist für alle drei Variante identisch. Dieser Bereich ist bei allen Varianten schwach überströmt. Bei Variante B1 (Teilabsenkung) ist dieser Bereich zusätzlich durch Rückstau benetzt, es treten keine trockenen Kiesflächen auf, die bei den Varianten B2 und B3 teilweise vorhanden sind.

Der Chly Rhy wird bei allen drei Varianten mit einem Abfluss von rund 4 m³/s durchflossen und bleibt weiterhin ein benetzter Flussarm. Der Bereich oberhalb der Klosterbrücke ist für alle drei Varianten nahezu identisch. Unterhalb der Klosterbrücke sind bei Variante B1 die Wassertiefen etwas grösser und die Fliessgeschwindigkeiten geringer als bei den Varianten B2 und B3.

Zur Gestaltung der Mündung Chly Rhy wurden drei Module für die Varianten B2 und B3 untersucht. Bei Belassen der jetzigen Sohle (Modul 0) ergeben sich im Mündungsbereich ökologisch wertvolle Strukturen. Modul 2 (Umgestaltung Mündung und Strukturen) bewirkt im gesamten Chly Rhy ökologische Vorteile, d.h. strukturreiche Bereiche mit höheren Fliessgeschwindigkeiten.

Wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten ergeben sich im Rhein selbst.

Bei Variante B1:(Teilabsenkung) ergibt sich in der gesamten Restwasserstrecke ein Rückstau mit höheren Wassertiefen und geringen Fliessgeschwindigkeiten.

Variante B2 (Teilrückbau) und Variante B3 (Vollrückbau) unterscheiden sich nur in der unteren Hälfte der Restwasserstrecke. Bei beiden Varianten sind die Fliessgeschwindigkeiten gegenüber Variante B1 deutlich erhöht. Bei Variante B2 (Teilrückbau) liegt im unteren Abschnitt noch ein Rückstauereffekt vom oberen Hilfswehr vor, bei Variante B3 ergibt sich eine vollkommen frei fliessende Strecke.

Die Habitatsimulationen belegen, dass alle drei Varianten geeignete Habitate für Jungfische bieten. Für die strömungsliebenden adulte Äsche und Nase ergeben sich nur bei den Varianten B2 und B3 grossflächig geeignete Habitate. Für Variante B1 ergeben sich bei geringen Abflüssen (20-30 m³/s) nur wenige geeignete Habitate für die Adulten, deren Flächenausdehnung mit steigendem Abfluss zunimmt..

Für das Landschaftsbild ergeben sich grosse Unterschiede zwischen den Varianten in Bezug auf das Flussbett des Rheins.

Bei allen Bestvarianten behält der Chly Rhy seinen Charakter als Flussarm, ebenfalls erhalten bleibt der Charakter der Klosterinsel als von Wasser umflossene Insel.

Bei Variante B1 staut das obere Hilfswehr weiterhin bis zum Hauptwehr zurück, so dass das Landschaftsbild des Rheins nahezu im jetzigen Zustand verbleibt.

Bei Variante B2 erstreckt sich der Rückstau nur noch auf das untere Drittel der betrachteten Strecke. Unterhalb der Mündung Chly Rhy ist der Abfluss auf einen Teilbereich des Flussbetts beschränkt, die benetzte Breite beträgt hier nur noch ½ bis 2/3 der benetzten Breite im Ausgangszustand.

Bei Variante B3 ist der Rückstau des oberen Hilfswehres vollkommen aufgehoben. Auf dem gesamten Gewässerabschnitt ist ein frei fliessendes Gewässer vorhanden. Ab Mündung Chly Rhy ist der Abfluss auf einen Teilbereich des Flussbetts beschränkt, die benetzte Breite beträgt hier nur noch ca. die Hälfte der benetzten Breite im Ausgangszustand.

Bei den Varianten B2 und B3 treten somit ausgedehnte trocken fallende Kiesflächen an beiden Ufern auf. Diese Flächen werden erst bei Abflüssen $Q > 60 \text{ m}^3/\text{s}$ benetzt, Dies tritt in den Monaten Mai bis September an 9-21 Tagen im Monat auf, in den restlichen Monaten nur an wenigen Tagen im Monat. Es ist nicht auszuschliessen, dass sich auf Teilflächen mittelfristig ein Bewuchs entwickeln wird.

Der Rheinabschnitt zwischen unteren und oberen Hilfswehr gehörte nicht zum Untersuchungsperimeter. Trotzdem kann folgende Aussage getroffen werden:

Auf den Abschnitt zwischen der Zollbrücke und dem oberen Hilfswehr ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Variante Vollabsenkung unteres Hilfswehr und der Variante Vollrückbau unteres Hilfswehr.

Eine Fahrwasserrinne von $b= 5,0$ m und $t=1,0$ m ist bei allen Bestvarianten bereits bei $Q=40$ m³/s gegeben. Sowohl bei Variante B2 als auch bei B3 sind die Bootsanleger am rechten Ufer oberhalb des oberen Hilfswehr nicht mehr nutzbar.

Die Bilanzierung der Energieproduktion im KW Rheinau und des zukünftigen Dotierkraftwerks bei Abgabe des monatlich gestaffelten Dotierabflusses ergab folgendes Ergebnis:

Je nach Ausbauabfluss des Dotierkraftwerks ergibt sich eine geringe Minderproduktion zwischen 0,85 GWh / Jahr (0,35 % der Jahresproduktion) und 2,06 GWh / Jahr (0,9 % der Jahresproduktion).

Bei diesen Berechnungen wurde jeweils ein konstanter Abfluss im Dotierkraftwerk angenommen. Geht man hingegen von einer variablen Beschickung des Dotierkraftwerks zwischen 20 m³/s und 40 m³/s aus (Nachfahren des vorgesehenen monatlich gestaffelten Dotierabfluss) so ergibt sich eine **Mehrproduktion** von 2,79 GWh / Jahr (1,2 % der Jahresproduktion) gegenüber dem Ausgangszustand.

Die vom BFE vertretene Auffassung, dass der maximal genutzte Abfluss der Gesamtanlage (KW Rheinau und Dotierkraftwerk) auf $Q = 420$ m³/s zu begrenzen ist, wurde bei diesen Berechnungen nicht berücksichtigt.

Ein qualitativer Kostenvergleich ergab, dass die einmaligen Baukosten für die drei Bestvarianten in vergleichbarer Grössenordnung liegen, wobei die Variante B1 die geringsten und Variante B3 die höchsten Kosten verursacht (Mehrkosten B3 gegenüber B1: ca. 40 %)

Bei den laufenden Unterhaltskosten sind die Varianten B2 (Teiltrückbau) und vor allem B3 (Vollrückbau) günstiger als Variante B1 (Teilabsenkung), so dass anzunehmen ist, dass die höheren Baukosten der Varianten B2 und B3 durch die niedrigeren Unterhaltskosten langfristig ausgeglichen werden.



