

Kraftwerke Reichenau AG

Fischabstieg beim Kraftwerk Reichenau

Projektstudie



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
1.1 Ziele und Abgrenzung der Projektstudie	4
2 Systemanalyse	4
2.1 Kurzbeschreibung der Kraftwerke Reichenau AG	4
2.2 Inbetriebnahme der Fischtreppe im Jahr 2000	5
2.3 Problematik Fischabstieg	5
3 Projektidee	6
3.1 Veranlassung	6
3.2 Lösungsansatz mit Bypässen	7
4 Variantenstudie	9
4.1 Varianten	9
4.2 Relevante Voraussetzungen für den Variantenentscheid	9
4.3 Variantenentscheid	9
5 Charakterisierung und Bewertung der Rahmenbedingungen für die Realisierung eines Fischabstiegs über eine Rohrleitung (Bypass) am Kraftwerkeinlauf	11
5.1 Anordnung von Bypässen mittels Rohrdurchlass	11
5.2 Hydraulische Bedingungen im Bypass	12
5.3 Hydrologische Bedingungen beim Kraftwerk Reichenau	15
5.4 Leitsysteme	17
5.5 Funktionskontrolle/Monitoring	18
6 Einbau der Rohrleitung	20
7 Fazit und Ausblick	21
7.1 Zusammenfassung der Resultate	21
7.2 Gesamtbeurteilung	23

Literaturverzeichnis

- Caviezel, R. (2006). Reproduktion der Seeforelle im Alpenrhein. Diplomarbeit ETHZ/Eawag.
- DWA Themen (2005). Fischschutz- und Fischabstiegsanlage, Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. 2. Korrigierte Auflage, ISBN 3-934063-91-5.
- Mendez, R. (2007). Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein. Diplomarbeit ETHZ/Eawag.
- Peter, A. (2004). Die Seeforelle im Alpenrhein – ist ihre Rückwanderung in den Bodensee wieder möglich? Bündner Fischer 7: 48 - 51.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Übersichtsplan der Kraftwerke Reichenau AG	5
Abb. 3.1	Positionierung eines Bypasses im Nebenauslauf neben den Turbinen (rote Markierung). Mit der Inbetriebnahme eines Bypasses könnte neben der Förderung des Fischabstiegs auch der Ablagerung von Feinsedimenten im Nebenauslass vorgebeugt werden	8
Abb. 4.1	Übersichtsplan Wehranlage und Einlauf Oberwasserkanal	10
Abb. 5.1	Projektskizze mit einem Rohrdurchlass vom Ober- ins Unterwasser (Fließrichtung links nach rechts) gemäss Projektidee von Kurt Mugwyler vom 3. Juni 2005 (Leiter Instandhaltung mechanisch, Hydro Surselva AG)	14
Abb. 5.2	Diagramm mit der hypothetisch möglichen Einsatzdauer einer Bypassleitung beim Kraftwerk Reichenau von 1997 – 2007	15
Abb. 5.3	Diagramm mit der hypothetisch möglichen Einsatzdauer einer Bypassleitung beim Kraftwerk Reichenau in einem nassen Winter (2002/2003)	16
Abb. 5.4	Diagramm mit der hypothetisch möglichen Einsatzdauer einer Bypassleitung beim Kraftwerk Reichenau in einem trockenen Winter (2005/2006)	16
Abb. 5.5	Am Turbinenhaus (1) installierter Hamen (2). Die Maschenweite reduziert sich von der Hamenöffnung zum Fangsack (3). Die Bergung des Fangsacks erfolgt mittels Hebezug von einer schwimmenden Plattform (4) aus (DWA Themen, 2005)	19

Tabellenverzeichnis

Tab. 7.1	Zusammenfassung und Erläuterung der Resultate (☑ = machbar, ~ = Unsicherheitsfaktor gross, — kritisch, ☒ = No Go)	23
----------	---	----

Zusammenfassung

Die Anlage der Kraftwerke Reichenau AG ist ein reines Laufwasserkraftwerk mit einer Ausbaumassmenge von $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Jahr 2000 wurde auf Höhe der Wehranlage eine Fischtreppe (Vertical-Slot-Pass) in Betrieb genommen. Mit dem Vorder- und Hinterrhein wurde dadurch ein grosses Laichgebiet wieder erschlossen, welches unmittelbar nach Inbetriebnahme der Fischtreppe von jährlich rund 400 Seeforellen aufgesucht wurde. Weil die Seeforelle zu den Mehrfachlaichnern gehört, ist nach dem Laichvorgang auch die Rückwanderung in den Bodensee von Bedeutung. An der Kraftwerksanlage der Kraftwerke Reichenau AG ist keine technische Fischabstiegshilfe vorhanden. Den abgelaichten Seeforellen bleibt nur der Weg über die Wehranlage bei Überlauf, bei gezogenen Schützen während Hochwasserereignissen oder durch die Turbinen offen. Während die technischen Anforderungen für den Bau einer funktionierenden Fischtreppe bekannt sind, ist der Stand der Technik für den Fischabstieg wenig entwickelt.

In der vorliegenden Projektstudie wurde die technische Machbarkeit einer Fischabstiegshilfe mittels Bypassleitung für adulte Seeforellen auf Höhe des Wehrs oder des Kraftwerkeinlaufs des Kraftwerks Reichenau geprüft. Aufgrund der nicht gegebenen Platzverhältnisse für eine Realisierung einer technischen Fischabstiegshilfe auf Höhe der Wehranlage, wurde dieser Lösungsansatz nicht weiterverfolgt. Auf Höhe des Kraftwerkeinlaufs erlauben es die baulichen Gegebenheiten, mittels Bypassleitung durch einen nicht benutzten Nebenauslauf vom Ober- ins Unterwasser zu gelangen. Auf Basis der Grundlagenstudie "Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung und Funktionskontrolle" (DWA Themen, 2005) und unter Berücksichtigung von fischbiologischen Aspekten, wurden die Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Abstieg untersucht.

Die Resultate können wie folgt zusammengefasst werden: Aus technischer Sichtweise ist die Installation einer Rohrleitung am Kraftwerkeinlauf vom Ober- ins Unterwasser möglich (Nennweite 60 cm, Durchfluss rund $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$). Unter Berücksichtigung von Reibungsverlusten im Rohrdurchlass muss in der Rohrleitung aufgrund der Bruttofallhöhe am Kraftwerk von 17.75 m von einer kontinuierlichen Fliessgeschwindigkeit von rund 15.3 m/s ausgegangen werden. Diese Geschwindigkeit liegt rund 27 % über der maximalen Geschwindigkeit von 12 m/s, welche gemäss DWA Themen (2005) in einer Rohrleitung nicht überschritten werden darf. Deswegen ist es nicht ausgeschlossen, dass die Fische bei der Passage aufgrund von Scherkräften in der Rohrleitung verletzt werden. Im Weiteren ist die Wirksamkeit einer Abstiegshilfe aufgrund der hydrologischen Ausgangslage und der Informationslücke zur Verhaltensbiologie von adulten Seeforellen während der Abstiegsphase nicht zwingend gewährleistet.

1 Einleitung

1.1 Ziele und Abgrenzung der Projektstudie

Ziel der Projektstudie ist es, die technischen und fischbiologischen Rahmenbedingungen für die Installation einer technischen Fischabstiegsanlage mittels Bypass beim Kraftwerk Reichenau zu prüfen. Die Projektstudie knüpft an die Projektidee von Kurt Mugwyler vom 3. Juni 2005 und an eine vom Fischereibiologen Dr. Marcel Michel vom Amt für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden (Auftraggeber) verfassten Situationsanalyse zum Fischabstieg beim Kraftwerk Reichenau an.

Gemäss Vereinbarung mit dem Auftraggeber beschränkt sich die Projektstudie auf die technische Machbarkeit eines Bypasses mittels Rohrdurchlass auf Höhe des Wehrs und auf Höhe des Kraftwerkeinlaufs beim Kraftwerk Reichenau. Andere potentielle Lösungsansätze für den Abstieg von adulten Seeforellen sind nicht Bestandteil dieser Projektstudie.

Im Weiteren wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, dass die Abklärungen für die Realisierung eines Bypasses auf der Grundlagenstudie "Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung und Funktionskontrolle" (DWA Themen, 2005) basieren.

Zielfisch der Projektstudie sind nur adulte Seeforellen, welche nach dem Laichvorgang im Vorder- oder Hinterrhein wieder zurück in den Bodensee wandern wollen.

2 Systemanalyse

2.1 Kurzbeschreibung der Kraftwerke Reichenau AG

Die Anlage der Kraftwerke Reichenau AG ist ein reines Laufwasserkraftwerk. An der 78 m breiten Wehranlage mit einer schmalen Regulieröffnung mit Grundablass und drei weiteren Regulieröffnungen von 18 m Breite wird ein Abfluss von maximal 120 m³/s in den Oberwasserkanal ausgeleitet und zur Zentrale geführt (vgl. Abb. 2.1). Die Wehranlage liegt rund 2.6 km und die Zentrale rund 3.9 km flussabwärts des Zusammenflusses von Vorder- und Hinterrhein.

Der Bau des Kraftwerks erfolgte in den Jahren 1959 – 1962 zur sicheren und günstigen Stromversorgung der damaligen Emser Werke AG und heutigen EMS Chemie AG. Die Anlage produziert im Mitteljahr bei einer Ausbauwassermenge von 120 m³/s und einem Bruttogefälle von 18 m 106.8 GWh. Die NOK sind seit März 2003 zu 85 % am Aktienkapital der Kraftwerke Reichenau AG beteiligt. Die restlichen 15 % sind im Besitz des Kantons Graubünden. Der Betrieb und Unterhalt der Kraftwerksanlage wird durch die Hydro Surselva AG sichergestellt.

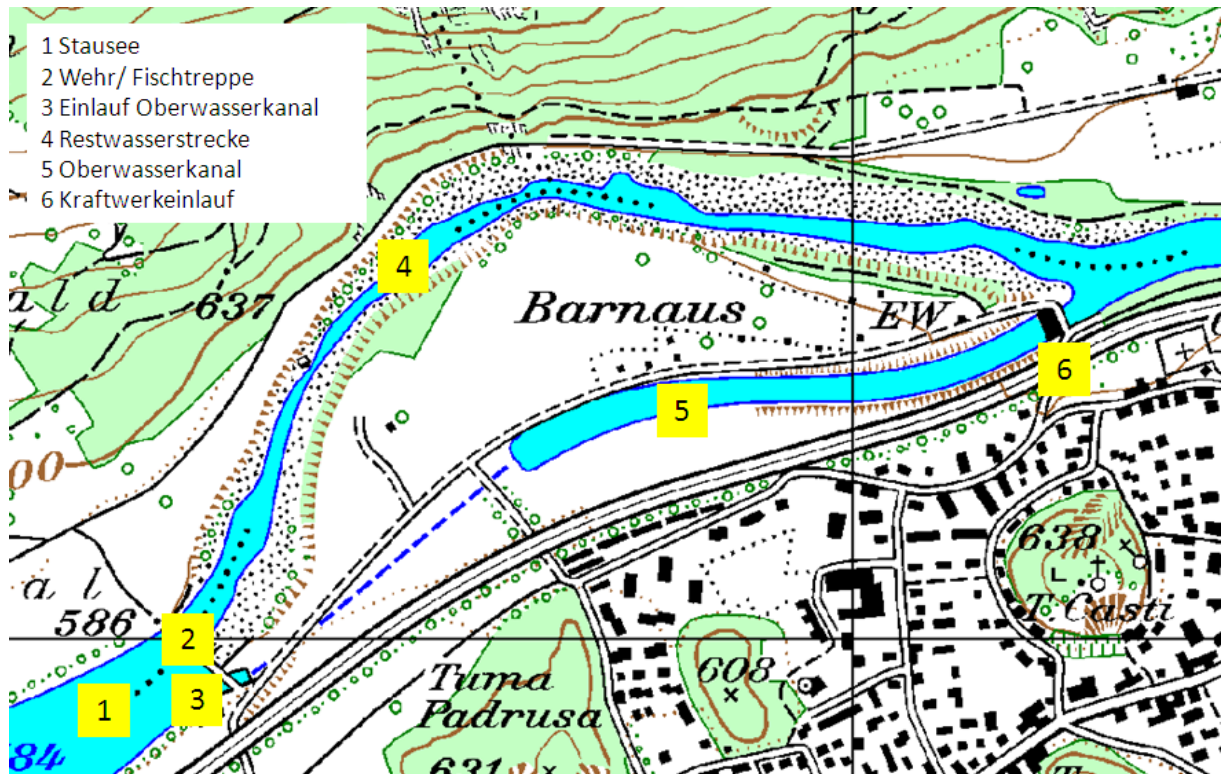


Abb. 2.1 Übersichtsplan der Kraftwerke Reichenau AG

2.2 Inbetriebnahme der Fischtreppe im Jahr 2000

Nach Inbetriebnahme des Kraftwerks im Jahr 1962 - welches ohne Fischtreppe gebaut wurde - konnte ein kontinuierlicher Rückgang der Seeforellenbestände im Bodensee, wie auch ein massiver Rückgang an reproduktionswilligen Seeforellen unterhalb des Kraftwerks Reichenau festgestellt werden. Um dem Rückgang der Seeforellen entgegen zu wirken, konnte im Jahr 2000 die am linksseitigen Ufer angeordnete Fischtreppe (Vertical-Slot-Pass) auf Höhe der Wehranlage in Betrieb genommen werden. Die Fischtreppe wurde vom Kraftwerk Reichenau mit Unterstützung durch Bund und den Kanton Graubünden realisiert.

Mit dem Vorder- und Hinterrhein wurde dadurch ein grosses Laichgebiet wieder erschlossen, welches unmittelbar nach Inbetriebnahme der Fischtreppe von durchschnittlich 400 Seeforellen aufgesucht wurde (Datengrundlage: Amt für Jagd und Fischerei, Graubünden).

2.3 Problematik Fischabstieg

Mit dem Bau der Fischtreppe konnte die flussaufwärts gerichtete Migrationsroute für laichreife Seeforellen sichergestellt werden. Da die Seeforelle - wie auch der atlantische Lachs und die Meerforelle - zu den Mehrfachlaicher gehört, ist auch die unversehrte Rückkehr der Adulten in den Bodensee von Bedeutung, um einen natürlich funktionierenden Lebenszyklus zu erreichen. Zurzeit steht den adulten abgelaichten Seeforellen nur der Weg über die Wehranlage bei Überlauf oder bei geöffneten Schleusen während Hochwasserereignissen, sowie über die Fischtreppe oder durch die Turbinen offen.

Da die Abwärtswanderung auf anderen biologischen Mechanismen als die lockstromorientierte Aufwärtswanderung funktioniert, wird heute davon ausgegangen, dass die Fischtreppe aufgrund der schwierigen Auffindbarkeit kaum als flussabwärtsgerichteter Wanderweg dient. Durch Videoaufzeichnungen in der Fischtreppe des Kraftwerks Reichenau von September

2007 bis Juni 2009 wurden keine abwandernden Seeforellen registriert, womit die Annahme einer nicht gegebenen Funktionalität am Fischpass beim Kraftwerk Reichenau bestätigt wurde.

Eine andere technische Abstiegsanlage ist beim Kraftwerk Reichenau nicht vorhanden, respektive der Stand der Technik bezüglich Fischabstieg war zum Zeitpunkt des Kraftwerkbaus im Jahr 1962 - wie auch heute noch - wenig entwickelt.

Die Problematik der Rückwanderung in den Bodensee wird von Peter (2004) und Caviezel (2006) angesprochen, welche im Vorder- und Hinterrhein Telemetrie-Versuche durchführten. Sie stellten dabei fest, dass rückwandernde Seeforellen bei geschlossenen Schleusen mehrheitlich im Stausee von Domat/Ems verblieben (vgl. Abb. 2.1). Peter (2004) beobachtete im Jahre 2002, dass aufgrund von erhöhten Wasserständen bei geöffneten Schleusen sechs markierte Seeforellen das Kraftwerk passieren konnten und in den Bodensee zurückwanderten. In einer weiteren Telemetriestudie von Mendez (2007) zur Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein zwischen dem Bodensee und dem Kraftwerk Reichenau wurde bei der automatischen Registrierstation in Domat/Ems am 30. November 2006 eine Seeforelle registriert, welche auf ihrer Rückwanderung in den Bodensee das Kraftwerk passiert hatte. An besagtem Tag herrschte am Wehr Reichenau während rund 9 Stunden Überlauf (Mittelwert November 45 Minuten pro Tag), wonach diese Seeforelle vermutlich den Weg über die Wehrfelder wählte.

Die Telemetriestudien haben gezeigt, dass adulte rückwandernde Seeforellen das Kraftwerk Reichenau nicht jederzeit passieren können. Deswegen besteht an der Anlage des Kraftwerks Reichenau Handlungsbedarf, um den abwandernden Seeforellen während der Abstiegszeit einen sicheren Weg ins Unterwasser zu bieten.

Die jungen Seeforellen, die im Alter von 1 bis 2 Jahren von den Laichplätzen in den Bodensee abwandern, können die langsam drehenden Kaplansturbinen bei der Zentrale des Kraftwerks Reichenau meist unbeschadet passieren. Bei Jungfischen wird von einer Mortalität von rund 10 % ausgegangen, welche aus fischbiologischer Sichtweise vertretbar ist. Hier besteht an der Anlage des Kraftwerks Reichenau kein Handlungsbedarf. Weil das Kraftwerk Reichenau das einzige Hindernis im Alpenrhein bis zum Bodensee bildet, ergibt sich während der Rückwanderung keine kumulierte Mortalität an weiteren Kraftwerksanlagen.

Weil ein Grossteil der jungen Seeforellen die Kraftwerksanlage passiert, in den Bodensee gelangt und nach Erreichen der Laichreife wieder in die Laichgewässer aufsteigt, ist der erste Kreislauf des Lebenszyklus geschlossen. Dass die adulten Seeforellen nach dem Laichvorgang nicht mehr in den Bodensee zurückwandern können, muss somit nicht als Killerkriterium, sondern als Reduktion der rückkehrenden Mehrfachlaicher betrachtet werden.

3 Projektidee

3.1 Veranlassung

Mit dem Bau der Fischtreppe im Jahr 2000 wurde gleichzeitig am Stausee ein neuer Einlaufrechen installiert. Aus Sicht der Kraftwerke Reichenau AG wird mit diesem Rechen verhindert, dass gröbere Holzteile in den Oberwasserkanal eingeschwemmt werden. Gleichzeitig sollte mit dem Rechen verhindert werden, dass rückwandernde adulte Seeforellen in den Oberwasserkanal und schliesslich in die Turbinen gelangen. Leider wurde bei der Projektie-

rung und Ausführung der Rechenanlage der Stababstand und die lichte Weite verwechselt. Die lichte Weite beim Wehrrechen beträgt heute fälschlicherweise 75 statt 60 mm, diese beim Kraftwerkeinlauf 60 mm.

Gemäss den DWA Themen (2005) beträgt bei Salmoniden die relative Körperdicke in Relation zur Gesamtlänge ca. 0.1. Somit können beim ersten Rechen auf Höhe des Wehrs grosse Seeforellen bis rund 75 cm Körperlänge durch den Rechen schlüpfen und gelangen in den Oberwasserkanal. Vor dem Kraftwerkeinlauf am Ende des Oberwasserkanals treffen die Fische auf den nächsten Rechen mit einer lichten Weite von 60 mm. Hier können Seeforellen bis maximal 60 cm Körperlänge durch den Rechen schlüpfen. Die Überlebenschancen dieser Turbinenpassage kann für adulte Seeforellen nicht beziffert werden und ist vermutlich sehr gering. Schliesslich verbleiben noch die Grössenklassen von rund 60 – 75 cm, welche nicht durch den Rechen schlüpfen können und im Oberwasserkanal gefangen bleiben.

Bei verschiedenen Entleerungen des Oberwasserkanals aufgrund von Revisionsarbeiten oder Hochwasserereignissen mit Ausserbetriebnahme der Kraftwerksanlage, wurden vermehrt bis zu 50 Seeforellen gefunden, welche sich vermutlich unfreiwillig im Oberwasserkanal aufhielten.

Gemäss Vereinbarung zwischen der Kraftwerke Reichenau AG und dem Kanton Graubünden wurde auf einen Ersatz des nicht korrekt eingebauten Rechens verzichtet. Anstelle eines Ersatzes wurde ein Fonds für zweckgebunden Abklärungen und konkrete Massnahmen zu Gunsten der Fischgängigkeit beim Kraftwerk Reichenau errichtet.

Auf diesen Tatsachen basierend entstand eine Projektidee mit einer verhältnismässig kostengünstigen Bypasslösung am Kraftwerkeinlauf, welche von Kurt Mugwyler (Leiter Instandhaltung mechanisch, Hydro Surselva AG) in einer Mitteilung vom 3. Juni 2005 zusammengefasst wurde und nachfolgend erläutert wird.

3.2 Lösungsansatz mit Bypässen

Bypässe sind Vorrichtungen zur Umgehung von fischgefährdenden Bereichen oder Anlageteilen und leiten Fische, welche sich auf der Abwärtswanderung befinden, sicher ins Unterwasser eines Abwanderhindernisses.

3.2.1 Bypass beim Kraftwerkeinlauf

Bei der Projektierung des Kraftwerks Reichenau in den 1950er Jahren wurde damit gerechnet, dass zu einem späteren Zeitpunkt flussabwärts noch weitere Staustufen gebaut werden. Um das Wasser bei Ausserbetriebnahme des Kraftwerks Reichenau direkt in das nächste Kraftwerk zu leiten, wurde beidseitig der Zentrale ein Nebenauslass vorgesehen und baulich ausgeführt. Da schliesslich keine weiteren Kraftwerksstufen gebaut wurden und der Nebenauslass nicht genutzt werden konnte, wurden die Kanäle anstelle der vorgesehenen Abschlussklappen ober- und unterwasserseitig durch eine 40 cm starke Betonmauer abgeschlossen. Die Zwischenkammer kann heute vom Kraftwerksgebäude aus begangen werden.

Um den im Oberwasserkanal gefangenen Seeforellen eine Passage vom Ober- ins Unterwasser zu ermöglichen, soll im linken Nebenauslass mit einer Rohrleitung Nennweite 600 mm eine direkte Verbindung zwischen Ober- und Unterwasser geschaffen werden (Abb. 3.1). Die Durchflussmenge würde dabei rund 4.3 m³/s betragen. Zur Inbetriebnahme

der Bypassanlage wäre die Leitung mit einem hydraulischen Plattenschieber auszurüsten, der von der Wasserhaushaltregelung angesteuert wird.

Ohne Produktionsausfall kann der Bypass dann geöffnet werden, wenn der Abfluss im Alpenrhein die Ausbauwassermenge inkl. Restwasserdotation von 123 m³/s übersteigt. Ab diesem Abfluss wird heute das Wasser ohne Produktionsverluste über die Schleusen in die Restwasserstrecke geleitet.



Abb. 3.1 Positionierung eines Bypasses im Nebenauslauf neben den Turbinen (rote Markierung). Mit der Inbetriebnahme eines Bypasses könnte neben der Förderung des Fischabstiegs auch der Ablagerung von Feinsedimenten im Nebenauslass vorgebeugt werden

3.2.2 Bypass am Wehr/Stausee

Gemäss Besprechung mit dem Auftraggeber vom 20. Februar 2008 besteht grundsätzlich auch beim Wehr die Möglichkeit, eine Bypassleitung vom Ober- ins Unterwasser zu bauen.

Aus fischbiologischer Sicht würde es Sinn machen, die rückwandernden Seeforellen bereits am Wehr mittels eines Bypasses "abzuholen". Es ist davon auszugehen, dass nur ein Teil der Seeforellen beim Rechen am Oberwasserkanal durchschlüpfen. Die restlichen Seeforellen verbleiben im Stausee und passieren die Wehrfelder bei Überlauf oder während Hochwasserereignissen, wenn die Wehrfelder ganz geöffnet sind und die Kraftwerksanlage ausser Betrieb genommen wird. Deswegen wird in der vorliegenden Projektstudie auch der Einsatz eines Bypasses auf Höhe der Wehranlage geprüft, welcher - wie der Bypass an der Kraftwerksanlage – ab einem Abfluss im Alpenrhein von mehr als 123 m³/s ohne Produktionsausfall in Betrieb genommen werden könnte.

4 Variantenstudie

4.1 Varianten

Aus der Projektidee und der Besprechung mit dem Auftraggeber vom 20. Februar 2008 gehen zwei Varianten hervor, welche nachfolgend angeschaut und abgewogen werden:

- Bypass am Kraftwerkeinlauf
- Bypass am Wehr/Stausee

4.2 Relevante Voraussetzungen für den Variantenentscheid

Bypassleitungen mittels Rohrdurchlässen müssen sicherstellen, dass die physikalischen Bedingungen keine Schädigungen und Verletzungen der Fische hervorrufen. Diese entstehen durch schnelle Druckänderung und Abbremsung, Scherkräfte, Turbulenzen und Schlagkräfte. Im Weiteren können Fische durch Berührung mit rauen Oberflächen Hautschäden davontragen, welche aufgrund von Infektionen kurz- bis mittelfristig zum Tod führen können. Deshalb müssen Bypässe mit Rohrleitungen folgende Voraussetzungen erfüllen, um die Fische sicher ins Unterwasser zu leiten (DWA Themen, 2005):

- Keine Hindernisse oder Rauigkeit in der Bypassleitung
- Keine abrupten Richtungsänderungen in der Bypassleitung
- Fließgeschwindigkeit im Bypass kleiner als 12 m/s
- Aufprallgeschwindigkeit ins Unterwasser kleiner als 16 m/s, respektive kleiner 7 – 8 m/s zur zuverlässigen Vermeidung von Verletzungen.

Neben den physikalischen Randbedingungen muss das Kosten/Nutzen-Verhältnis berücksichtigt werden, da es sich beim Kraftwerk Reichenau um eine bestehende Anlage mit Konzession bis im Jahr 2042 handelt. Die Massnahmen müssen im Rahmen der Finanzierungsmöglichkeiten des Fonds liegen. Der Spielraum für grosse bauliche Massnahmen ist deshalb beschränkt. Für die Weiterverfolgung der Varianten wird nachfolgend primär die bauliche Machbarkeit im Rahmen der Finanzierungsmöglichkeiten geprüft.

4.3 Variantenentscheid

4.3.1 Variante "Bypass am Kraftwerkeinlauf"

Wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, besteht auf Höhe des Kraftwerkeinlaufs am Ende des Oberwasserkanals die Möglichkeit, einen Bypass in den heute nicht benutzten Nebenauslass zu legen. Im weiteren ist es möglich, im Nebenauslass eine Rohrleitung ohne Richtungsänderung zu installieren, womit die Rauigkeit in der Bypassleitung und abrupte Richtungsänderungen vermieden werden können.

Weil die bauliche Machbarkeit gegeben ist, werden im weiteren Verlauf der Studie die weiteren Bedingungen für eine Lösung am Kraftwerkeinlauf untersucht.

4.3.2 Variante "Bypass am Wehr/Stausee"

Linksufrig neben den Wehrfeldern ist die Fischtreppe und die Dotieranlage angeordnet (vgl. Abb. 4.1). In diesem Bereich der Wehranlage ist die Umsetzung einer Fischabstiegsanlage aus Platzgründen nicht möglich. Im Weiteren ist es linksufrig auch aus fischbiologischer

Sichtweise nicht sinnvoll, da die Leitströmung in den Oberwasserkanal auf der rechten Seite führt.

Rechtsufrig befindet sich der Einlauf in den Oberwasserkanal. Diesem ist eine Stauwand zur Rückhaltung von schwimmendem Holz und ein Rechen mit Rechenreinigungsmaschine vorgeschaltet. Die Realisierung einer Massnahme am rechten Ufer ist deshalb aus Platzgründen nicht möglich, respektive ohne wesentliche Umbauten der Wehranlage nicht realisierbar.

Am Wehr besteht theoretisch die Möglichkeit, zwischen dem Rechen und dem Wehrfeld mit Grundablass einen offenen oberflächigen Strömungskanal in Richtung Parkplatz, zwischen der Restwasserstrecke und dem Oberwasserkanal, zu bauen (vgl. Abb. 4.1, Punkt 8). Am Ende dieses Kanals könnten die Fische in einer Reuse gefangen werden, welche anschliessend manuell geleert werden müsste. Eine weitere Möglichkeit könnte darin bestehen, die Seeforellen in einem flach abfallenden Kanal der Böschung entlang in die Restwasserstrecke zu führen. Aufgrund der komplexen Konstruktion unter der Wehrbrücke zwischen dem Wehrfeld mit Grundablass und dem Rechen, ist die Idee einer Umsetzung mit Strömungskanal ohne wesentliche Umbauten der Wehranlage nicht möglich.

Auf Höhe der bestehenden Wehranlage besteht zum aktuellen Zeitpunkt keine Möglichkeit eine oberflächennahe Fischabstiegshilfe oder einen Bypass mittels Rohrleitung zu realisieren, da einerseits der Platzbedarf nicht gegeben ist, andererseits im Rahmen der Finanzierungsmöglichkeiten kein wesentlicher Umbau der bestehenden Wehranlage möglich ist. Die Funktionalität einer oberflächennahen technischen Fischabstiegsanlage am Wehr wäre jedoch gegeben.

Aufgrund der räumlichen Engpässe durch die bestehende Anlage wird der Lösungsansatz mit einer Bypassleitung auf Höhe der Wehranlage im weiteren Verlauf der Projektstudie nicht weiterverfolgt.



Abb. 4.1 Übersichtplan Wehranlage und Einlauf Oberwasserkanal

5 Charakterisierung und Bewertung der Rahmenbedingungen für die Realisierung eines Fischabstiegs über eine Rohrleitung (Bypass) am Kraftwerkeinlauf

5.1 Anordnung von Bypässen mittels Rohrdurchlass

5.1.1 Einleitung

Gemäss den DWA Themen (2005) wurden bereits an verschiedenen europäischen und nordamerikanischen Kraftwerken Fischabstiegsanlagen über Rohrleitungen und anderen ähnlichen Konstruktionen realisiert. In der Literatur handelt es sich dabei hauptsächlich um die Dokumentation von Bypässen zur Gewährleistung des Aalabstiegs. Generell lässt sich für die auf ihre Funktionsfähigkeit untersuchten Aalbypässe feststellen, dass sie einerseits von Aalen und anderen Fischarten zum Abstieg genutzt werden. Andererseits ist eine Beurteilung der Effektivität dieser Fischabstiegseinrichtungen nur sehr eingeschränkt möglich, da zu wenig vergleichende Informationen über das Abwanderpotential im Gewässer und die Fischpassagen in anderen Kraftwerken vorliegen.

Zur Abwanderung von adulten Salmoniden durch bodennahe Abstieghilfen scheint hingegen wenig bekannt zu sein, respektive ist in den DWA Themen (2005) nichts Konkretes erwähnt. Einzig der Abstieg von abwandernden Junglachsen und -Meerforellen ist gut bekannt und dokumentiert. Hier handelt es sich jedoch um junge Altersstadien mit einer nachgewiesenen oberflächennahen Abwanderung und dementsprechenden Lösungsansätzen, welche nicht in der vorliegenden Projektstudie verwendbar sind.

5.1.2 Verhaltensbiologie von adulten Seeforellen an Kraftwerksanlagen

In den DWA Themen (2005) finden sich keine Erläuterungen zu Verhaltensweisen von adulten Salmoniden. Verschiedene Abklärungen von Dr. Armin Peter von der Eawag und skandinavischen Fischbiologen haben ergeben, dass während der Abwärtswanderung die Position der adulten Seeforellen in der vertikalen Wassersäule different sein kann. Je nach Gewässersystem und Kraftwerksanlage kann die Suche nach einem alternativen Abstiegsweg bodennah, im Mittelwasser oder oberflächennah erfolgen. Gegenwärtig wurden im Alpenrhein keine diesbezüglichen Untersuchungen gemacht. Dementsprechend können zur Verhaltensweise während des Suchvorgangs von alternativen Abstiegswegen nur Annahmen getroffen werden.

Gelegentlich werden im Stauraum des Kraftwerks Reichenau während der Abstiegszeit adulte Seeforellen gesichtet, welche im Bereich des Wehrs unmittelbar unter der Wasseroberfläche herumschwimmen. Bei diesen Fischen handelt es sich aber - gemäss mündlicher Mitteilung von Florian Bebi (Hauptfischereiaufseher des Kantons Graubünden) – ausschliesslich um geschwächte apatische Fische mit Pilzbefall. Gesunde Seeforellen, welche oberflächennah nach einem Abstiegsweg suchen, wurden bis anhin keine gesichtet. Andererseits haben Telemetriestudien von Peter (2004), Caviezel (2006) und Mendez (2007) ergeben, dass abwandernde adulte Seeforellen mit grosser Wahrscheinlichkeit den Weg über eine geöffnete Wehrschütze gewählt haben. Ob dieser oberflächennahe Weg primär oder erst sekundär als Abstiegsweg gewählt wurde, bleibt offen.

5.1.3 Anordnung des Bypasses im Ober- und Unterwasserkanal

5.1.3.1 Einlauf in die Rohrleitung im Oberwasser

Unter der Annahme, dass abwandernde Seeforellen vor dem Rechen am Kraftwerkeinlauf horizontale wie auch vertikale Suchbewegungen durchführen, sollten die Seeforellen den Nebenauslass finden (vgl. Abb. 3.1). Dieser verengt sich in Fliessrichtung trompetenähnlich, bis er in einer rund 3 m hohen Betonmauer endet. Hier soll der konische Einlauf des Rohrdurchlasses zu liegen kommen.

In der Literatur sind keine Angaben zur genauen Positionierung des Rohrleitungseinlaufes zu finden. Gemäss Besprechung mit dem Fischereibiologen Dr. Marcel Michel sind wir der Auffassung, dass der Einlauf eher im unteren Bereich der Betonmauer zu stehen kommen soll. Allenfalls kann die Auffindbarkeit des Einlaufs durch Leitsysteme verbessert werden, welche in Kapitel 5.4 erläutert werden.

5.1.3.2 Positionierung des Auslaufs ins Unterwasser

Gemäss den DWA Themen (2005) sollte die Einmündung des Bypasses ins Unterwasser oberhalb der Wasseroberfläche zu liegen kommen, da Fische, die im freien Fall einen Höhenunterschied überwinden, eine höhere Überlebensrate haben, als Fische, die innerhalb des Wasserkörpers beschleunigt und dann abgebremst werden und hohen Scherkräften ausgesetzt sind. Die Leitung zwischen Ein- und Auslauf sollte nach Möglichkeit horizontal angeordnet sein und sich 1.8 bis 2.4 m oberhalb des Unterwasserstandes befinden.

Bei der Kraftwerksanlage in Reichenau sind die baulichen Voraussetzungen nicht gegeben, um den Auslauf oberhalb der Wasseroberfläche zu platzieren. Da sich in der Bypassleitung keine Hindernisse oder Rauigkeiten befinden dürfen und eine abrupte Umlenkung der Strömung vermieden werden muss, bleibt nur die Variante mit einem Auslauf unterhalb der Wasseroberfläche.

5.2 Hydraulische Bedingungen im Bypass

5.2.1 Fliessgeschwindigkeit in der Rohrleitung

Gemäss den DWA Themen (2005) sollte die Fliessgeschwindigkeit in der Rohrleitung im Bypass 12 m/s nicht überschreiten.

Betreffend der Situation am Kraftwerk Reichenau wurde - unter Berücksichtigung von Reibungsverlusten im Rohrdurchlass - eine kontinuierliche Geschwindigkeit von rund 15.3 m/s berechnet. Diese Geschwindigkeit wird bei einer Bruttofallhöhe von 17.75 m bei Normalstau (Kote Oberwasser = 584.5 m. ü.M.) und der Turbinierung der Ausbauwassermenge von 120 m³/s (Kote Unterwasser = 566.75 m. ü.M.) erreicht. Diese Geschwindigkeit liegt rund 27 % über dem kritischen Wert von 12 m/s gemäss DWA Themen (2005), wonach mit Verletzungen – vor allem aufgrund von Scherkräften – zu rechnen ist.

5.2.2 Aufprall-/Austrittsgeschwindigkeit

Bei der Überwindung von Stauanlagen kommt der Aufprallgeschwindigkeit, respektive der Austrittsgeschwindigkeit der Fische im Unterwasser eine entscheidende Bedeutung zu. Der Aufprall der Fische auf die Wasseroberfläche oder in die Wassersäule ist bei geringen und mittleren Höhen als unkritisch einzustufen. Ernsthafte Verletzungen wie Schädigungen von Kiemen, Augen und inneren Organen treten dann auf, wenn die Aufprallgeschwindigkeit,

respektive die Eintrittsgeschwindigkeit in die Wassersäule 15 – 16 m/s überschreitet. Zur zuverlässigen Vermeidung von Verletzungen wird jedoch empfohlen, eine Geschwindigkeit von 7 – 8 m/s nicht zu überschreiten (DWA Themen, 2005).

Unter der Annahme eines Rohrauslaufs ins Unterwasser gemäss Abb. 5.1, ist die Austrittsgeschwindigkeit gleich wie die Fliessgeschwindigkeit im Rohrdurchlass und beträgt rund 15.3 m/s. Diese Austrittsgeschwindigkeit bewegt sich gemäss DWA Themen (2005) im kritischen Bereich.

Mit einer konischen Erweiterung am Ende der Leitung (Enddiffusor) kann die Austrittsgeschwindigkeit allmählich bis unter den kritischen Wert verringert werden. Damit im Diffusor selbst keine störenden Ablösungen bzw. Scherkräfte entstehen, sollte der Öffnungswinkel des Diffusors kleiner als 4° sein. Um die Austrittsgeschwindigkeit beispielsweise zu halbieren, wäre folglich ein mindestens 3.6 m langer Diffusor erforderlich. Die baulichen Gegebenheiten im Unterwasser des Kraftwerks lassen den Einbau eines Diffusors zu.

5.2.3 Druckschwankungen

Bei der Passage der Rohrleitung unterliegt der Fisch starken Druckschwankungen, wobei auf einen raschen Druckabfall unter Atmosphärendruck ein schneller Druckanstieg folgt. Die bei der Passage des Bypass entstehenden Unterdrücke können zum Platzen der Schwimmblase führen.

Bei der Passage des Bypasses auf Höhe des Kraftwerkeinlaufs ist mit einem Druckabfall von rund 1.8 bar auszugehen (Bruttogefälle rund 18 m). Gemäss DWA Themen (2005) sind Salmoniden bezüglich raschen Druckveränderungen im Vergleich zu anderen Fischarten weniger gefährdet. In einem Versuch mit Regenbogenforellen wurden die Fische einem Wasserdruck von bis zu 13.8 bar ausgesetzt, der abrupt auf Atmosphärendruck gesenkt wurde. Die Fische erlitten dabei keine Beeinträchtigungen.

Weil im Alpenrhein flussaufwärts der Blocksteinrampe in Buchs nur Salmoniden vorkommen, ist davon auszugehen, dass bei der Passage am Kraftwerk Reichenau der Druckabfall von 1.8 bar keine negativen Auswirkungen auf die Fische hat.

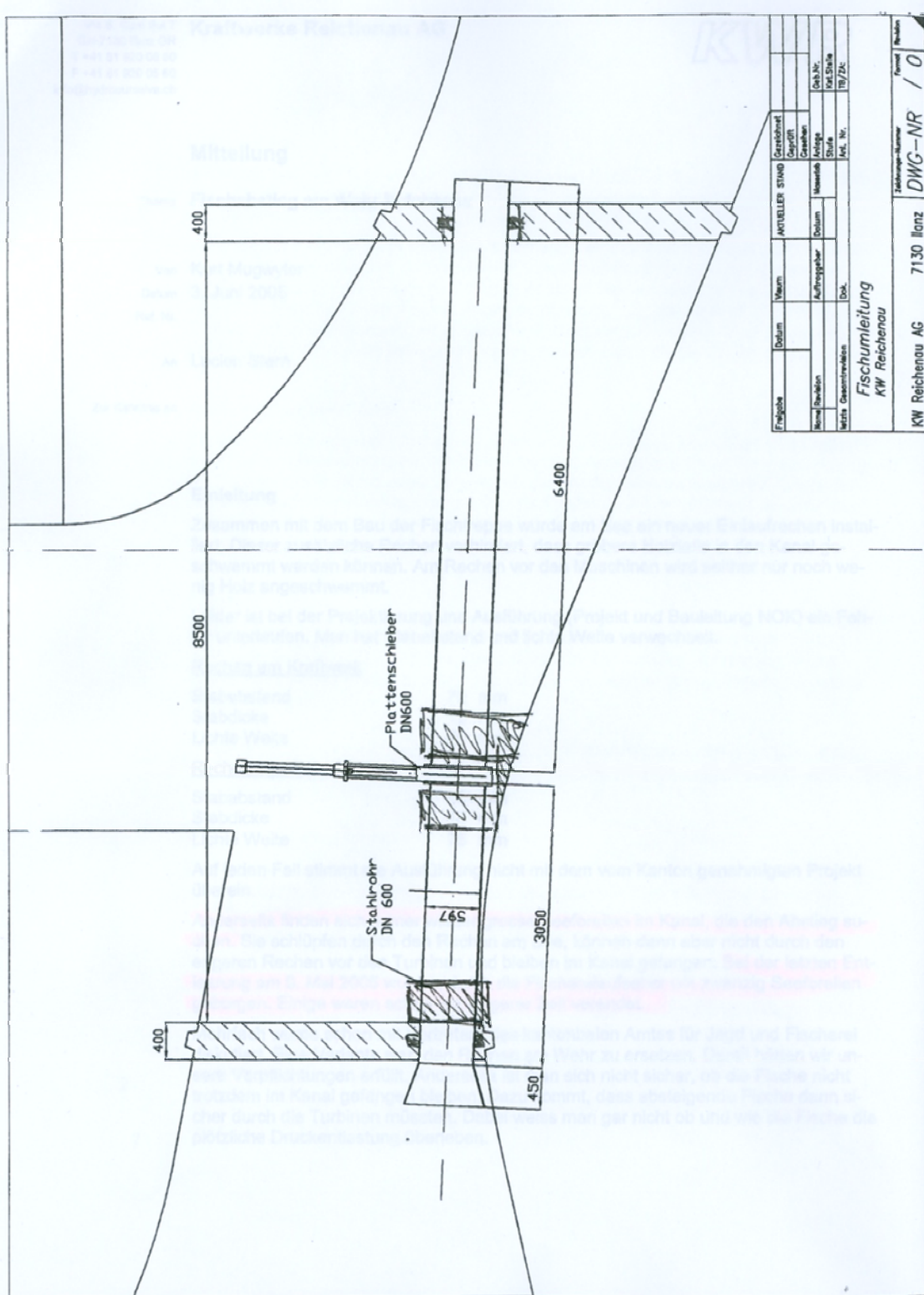


Abb. 5.1 Projektskizze mit einem Rohrdurchlass vom Ober- ins Unterwasser (Fließrichtung links nach rechts) gemäß Projektidee von Kurt Mugwyler vom 3. Juni 2005 (Leiter Instandhaltung mechanisch, Hydro Surselva AG)

5.3 Hydrologische Bedingungen beim Kraftwerk Reichenau

5.3.1 Voraussetzung für den Betrieb des Bypasses

Der Bypass soll hauptsächlich für die Rückwanderung von abgelaichten adulten Seeforellen funktionsfähig sein. Da die Hauptabstiegszeit von Dezember bis März stattfindet, sollte ein technischer Bypass dementsprechend während dieser Zeit eine Abstiegshilfe bieten.

Ohne Produktionsausfall kann der Bypass nur dann in Betrieb genommen werden, wenn am Wehr Überfall herrscht, respektive wenn das Wasser ungenutzt über das Wehr in die Restwasserstrecke abgeleitet wird. Dies ist dann der Fall, wenn die Summe der Ausbauwassermenge von $120 \text{ m}^3/\text{s}$ und der Restwasserdotations von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ überschritten ist. Der Bypass benötigt für einen sicheren Betrieb zusätzlich rund $4.3 - 5 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die Inbetriebnahme des Bypasses beträgt der minimale Zufluss in die Kraftwerksanlage, respektive die minimale Abflussmenge im Alpenrhein somit mindestens $128 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.3.2 Hydrologische Daten bei der Messstation in Domat/Ems

Die hydrologische Messstation in Domat/Ems liegt wenige Hundert Meter unterhalb des Kraftwerks Reichenau und liefert repräsentative Daten für die hydrologischen Bedingungen an der Kraftwerksanlage. Anhand der vom Bundesamt für Umwelt (Abteilung Hydrologie) gelieferten Abflussdaten der Jahre 1997 – 2007, wurde die hypothetische mittlere Einsatzdauer einer Bypassanlage mit einem Durchfluss von rund $5 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet und in den Abbildungen 5.2, 5.3 und 5.4 dargestellt. Dabei handelt es sich um die Dauer in Minuten pro Tag, an denen die Abflussmenge von $128 \text{ m}^3/\text{s}$ überschritten wird und der Bypass in Betrieb wäre.

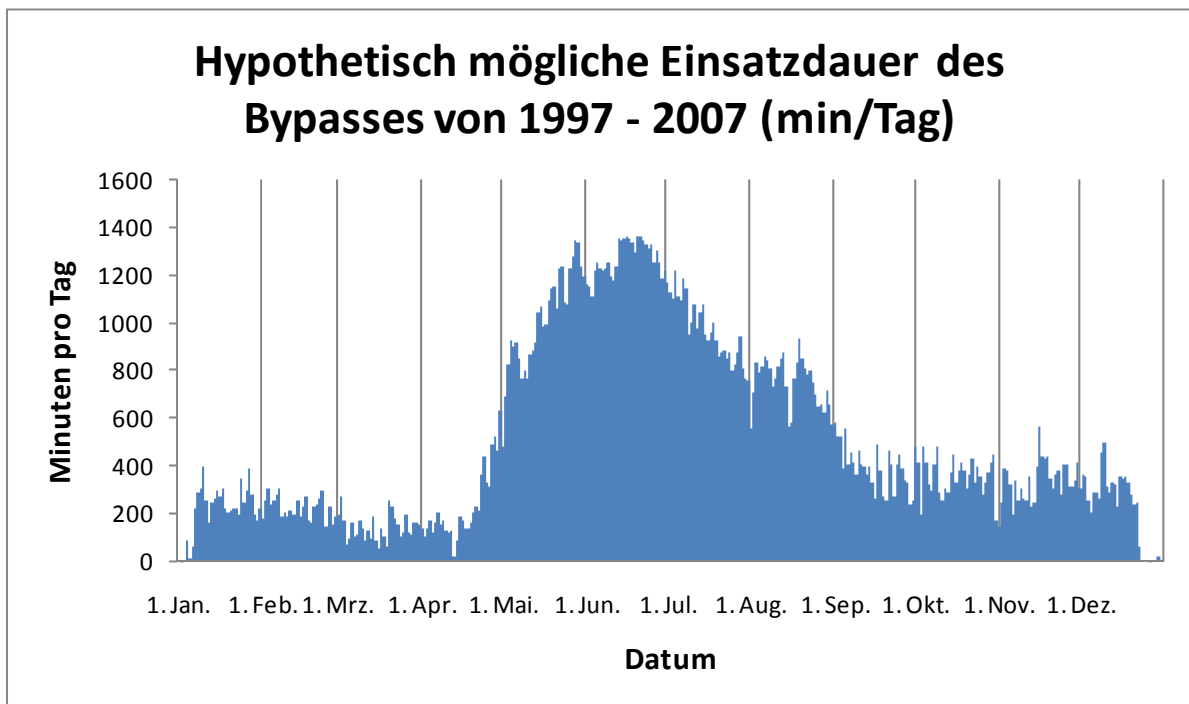


Abb. 5.2 Diagramm mit der hypothetisch möglichen Einsatzdauer einer Bypassleitung beim Kraftwerk Reichenau von 1997 – 2007

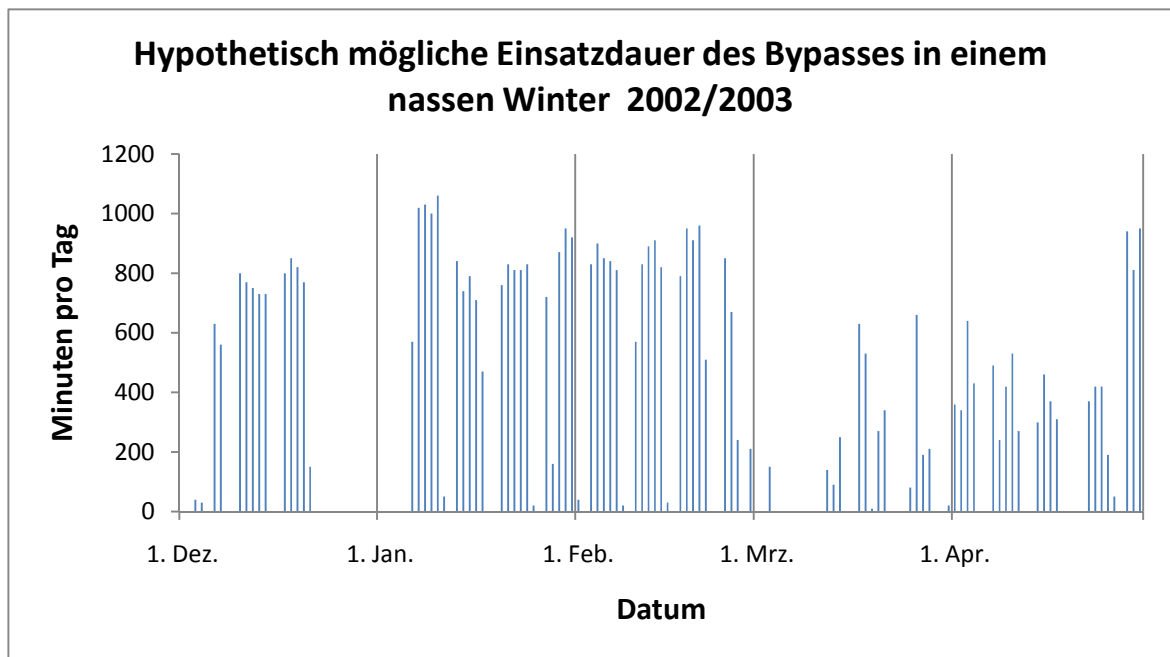


Abb. 5.3 Diagramm mit der hypothetisch möglichen Einsatzdauer einer Bypassleitung beim Kraftwerk Reichenau in einem nassen Winter (2002/2003)

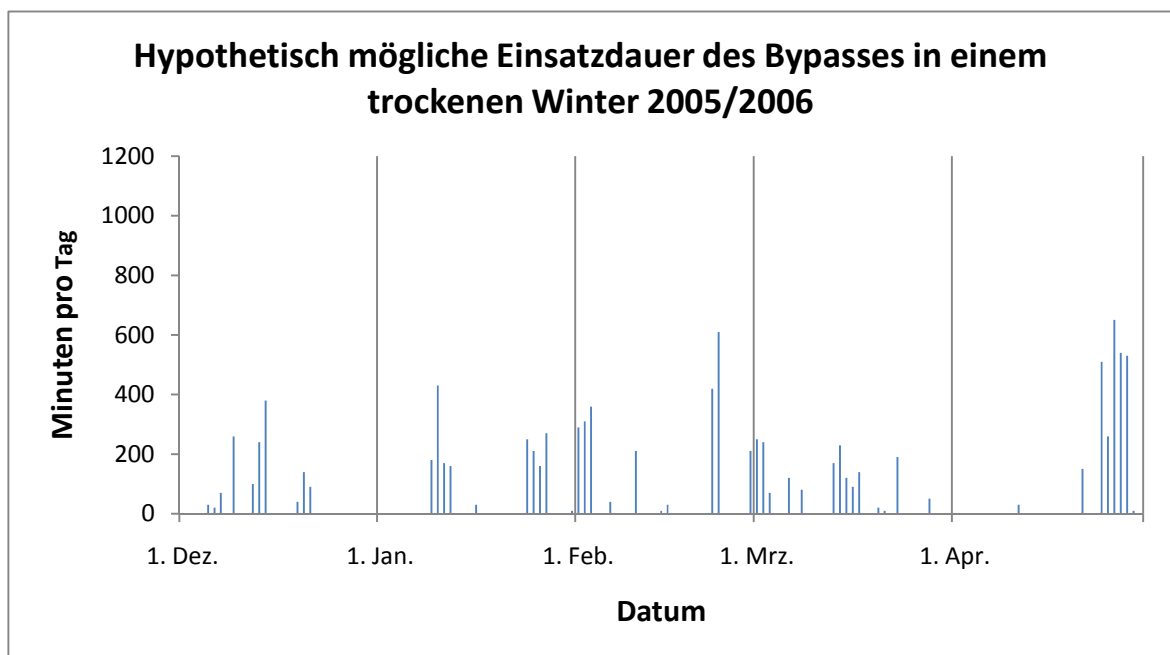


Abb. 5.4 Diagramm mit der hypothetisch möglichen Einsatzdauer einer Bypassleitung beim Kraftwerk Reichenau in einem trockenen Winter (2005/2006)

5.3.3 Bewertung der hydrologischen Bedingungen aus fischbiologischer Sicht

Die adulten Seeforellen verlassen die Laichplätze zwischen Dezember und März und versuchen in den Bodensee zurückzuwandern. Untersuchungen von Peter (2002) und Caviezel (2006) haben gezeigt, dass die Rückwanderung mit ca. der Fließgeschwindigkeit des Rheins erfolgt. Der Stauraum des Kraftwerks Reichenau unterbricht diese Abwärtswanderung und die Seeforellen müssen aktiv nach einer alternativen Abstiegsmöglichkeit suchen.

Während der abflussarmen Zeit zwischen Dezember und März wird am Kraftwerk Reichenau selten die Ausbauwassermenge von $120 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht. Wie in Abb. 5.2 ersichtlich ist, wird die für den Betrieb des Bypasses erforderliche Abflussmenge von $128 \text{ m}^3/\text{s}$ nur während rund 3 – 5 Stunden pro Tag überschritten (Mittelwert 235 Minuten). Je nach hydroelektrischer Produktion der oberliegenden Speicherkraftwerke in den Einzugsgebieten des Vorder- und Hinterrheins, können die anfallenden Wassermassen ganztätig verarbeitet werden, ohne dass am Wehr Überlauf herrscht. Dies kommt vermehrt in Trockenjahren (vgl. Abb. 5.4), an den Wochenenden und während der Feiertage vor. In nassen Jahren kann hingegen am Wehr während über 12 Stunden pro Tag Überlauf herrschen (vgl. Abb. 5.3).

Wie sich adulte Seeforellen vor dem Rechen verhalten und inwieweit sie aktiv nach einer Abstiegsalternative suchen, ist schwierig abzuschätzen. Im Weiteren stellt sich im Zusammenhang mit der hydrologischen Situation im Winter und der voraussichtlich kurzen täglichen Betriebsdauer des Bypasses die Frage, wie lange die Seeforellen aktiv nach einem Abstieg suchen, respektive wie schnell sie den Oberwasserkanal als neues "Habitat" annehmen. In diesem Fall ist das Nahrungsangebot über längere Zeit knapp. Verbunden mit Stress kann diese Gefangenschaft zu einer erhöhten Mortalität führen, wie aktuelle Funde von verendeten Seeforellen im Oberwasserkanal zeigen.

5.4 Leitsysteme

5.4.1 Einleitung

Während in den DWA Themen (2005) für Verhaltensbarrieren verschiedene und teilweise erfolgreiche Einrichtungen wie elektrische, akustische und optische Scheuchanlagen, Wasserstrahlvorhänge und Luftblasenvorhänge beschrieben sind, wird für die Erhöhung der Bypasseffektivität oft nur mit Lichtquellen gearbeitet.

Gemäss den DWA Themen (2005) lassen sich insbesondere Salmoniden durch Licht anlocken. An verschiedenen französischen Wasserkraftwerken wurde deshalb versucht, diese Verhaltensweise auszunutzen, um die Effektivität von Bypässen für die Jungfischabwanderung von Lachsen und Meerforellen zu nutzen. Dabei wurden vermehrt Quecksilberdampflampen mit verschiedenen Lichtintensitäten und alternierenden Einsatzdauern eingesetzt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Fische starke Lichtquellen zwar nicht passierten, aber zumindest in den Nahbereich des Bypasses geleitet wurden. Während einer anschliessenden Dunkelphase schwammen die Fische in Richtung Bypass. Der unmittelbare Nahbereich des Bypasses kann – falls nötig - mit einer permanenten schwachen Lichtquelle als Orientierungshilfe beleuchtet werden.

5.4.2 Erhöhung der Bypasseffektivität beim Kraftwerk Reichenau durch Leitsysteme

5.4.2.1 Verhaltensbarrieren

Grundsätzlich ist es möglich, Verhaltensbarrieren (elektrische, akustische und optische Scheuchanlagen, Wasserstrahlvorhänge und Luftblasenvorhänge) als Leitsysteme zu verwenden, um die Fische von den gefährlichen Bereichen einer Kraftwerksanlage fernzuhalten und sie aktiv in die Nähe eines Bypasses zu leiten. Gemäss den DWA Themen (2005) wird der positive Effekt einer Verhaltensbarriere nur dann erzielt, wenn die Ortsbewegungen der Fische ungerichtet und ungezielt sind. Da es sich bei der Rückwanderung der adulten Seefo-

rellen im Alpenrhein um eine gerichtete Wanderbewegung handelt, ist davon auszugehen, dass sie wenig Bereitschaft zeigen, ihre biologisch gezielte Wanderung zu unterbrechen.

Im Weiteren sind alle bisher vorliegenden Angaben zur Funktionsfähigkeit von Verhaltensbarrieren sehr unsicher, da diese bisher keiner unabhängigen wissenschaftlichen Überprüfung unterzogen wurden. Deswegen können in den DWA Themen (2005) keine Empfehlungen über den Einsatz zuverlässig wirksamer Verhaltensbarrieren gegeben werden.

Aufgrund der baulichen Gegebenheiten im tiefen Oberwasserkanal des Kraftwerks Reichenau, sowie dem geringen Kenntnisstand in der Forschung, ist der Einsatz der erwähnten Verhaltensbarrieren als Leitsysteme wenig erfolgsversprechend.

5.4.2.2 Lichtquellen

Insgesamt scheint es durch Licht möglich zu sein, junge Salmoniden in den Nahbereich von oberflächennahen Bypässen zu leiten. Ob adulte Salmoniden während ihrer Rückwanderung auf Lichtquellen reagieren, ist in den DWA Themen (2005) nicht dokumentiert und vermutlich wenig erforscht.

Aus technischer Sicht ist die Installation einer oder mehrerer Lichtquellen im Bereich des Nebenauslasses möglich. Im Falle einer Inbetriebnahme eines Bypasses könnten verschiedene Lichtkonzepte geprobt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, dass nicht nur adulte Seeforellen angezogen werden, sondern auch Jungfische, welche vor dem Rechen bei einer Anströmgeschwindigkeit von rund 0.8 m/s nicht sofort durchschlüpfen, sondern zuerst durch seitliche Bewegungen nach Abstiegsalternativen suchen.

5.5 Funktionskontrolle/Monitoring

Mit dem Bau eines Bypasses beim Kraftwerk Reichenau sollte der Betrieb einer Kontrolleinrichtung möglich sein, um bei Bedarf Untersuchungen zum Fischabstieg und zur Effektivität der Anlage durchführen zu können. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Fische bei der Passage direkt geschädigt werden.

Nachfolgend werden zwei Varianten näher angeschaut, welche als Funktionskontrolle des Bypasses beim Kraftwerk Reichenau in Frage kommen könnten.

5.5.1 Fangsäcke

Um Fische zu fangen, welche eine Fischabstiegsanlage passiert haben, werden oft aus Netzmaterial gefertigte Fangsäcke eingesetzt. Je nach den örtlichen Gegebenheiten (Sohlenbeschaffenheit, Abfluss, Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit) werden entweder Hamen oder Reusen als Kontrollsystem verwendet.

5.5.1.1 Hamen

Bei einem Hamen handelt es sich um einen langen, sich verjüngenden Netzschlauch, der durch die Strömung offen gehalten wird und sich folglich nur in fließendem Wasser einsetzen lässt (vgl. Abb. 5.5). Dabei werden die Fische mit der Strömung in den sich am Ende des Netzschlauches befindenden Fangsack geleitet, welcher mittels eines Hebezugs von einer schwimmenden Plattform kontrolliert und geleert werden kann. Voraussetzung für einen einwandfreien Betrieb eines Hamens ist die Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 0.8 m/s, welche nicht unterschritten werden darf, damit sich der grossvolumige Netzsack in der Strömung entfalten kann und gleichzeitig die bereits gefangenen Fische nicht entfliehen können.

Grundsätzlich wäre der Einsatz eines Hamens beim Kraftwerk Reichenau möglich. Die Bergung des Fangsackes zur Kontrolle erweist sich aber als schwierig, da der Einsatz einer schwimmenden Plattform aufgrund des schwankenden Wasserpegels im Unterwasser kaum möglich ist. Eine andere Variante besteht darin, eine schwimmende und gleichzeitig an der linken Stützmauer fixierten Plattform (Prinzip Bootsanliegeplatz) einzusetzen. Ohne grössere bauliche Massnahmen (inkl. Treppenzugang ans Unterwasser) ist der Einsatz einer Plattform jedoch kaum zu realisieren.

Im Weiteren birgt die Betreuung der schwimmenden Plattform und Hebevorrichtung Gefahren für das Personal, welche mit geeigneten Schutz- und Sicherheitsvorkehrungen minimiert werden müssen.

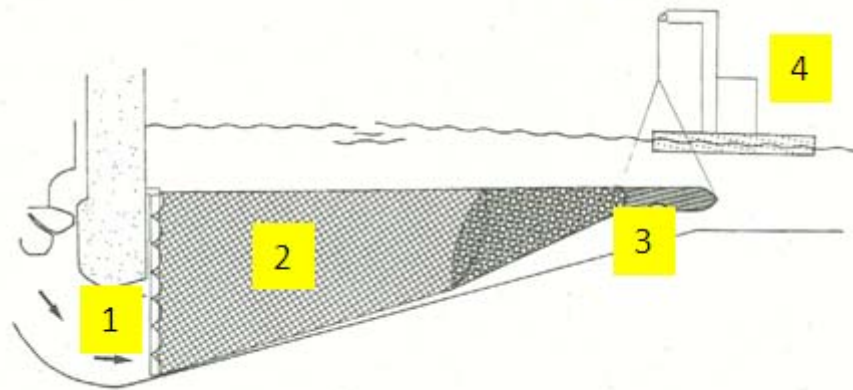


Abb. 5.5 Am Turbinenhaus (1) installierter Hamen (2). Die Maschenweite reduziert sich von der Hamenöffnung zum Fangsack (3). Die Bergung des Fangsacks erfolgt mittels Hebezug von einer schwimmenden Plattform (4) aus (DWA Themen, 2005)

5.5.1.2 Reusen

Konventionelle Reusen kommen bei Anlagen mit einem Wasserabfluss von weniger als $1 \text{ m}^3/\text{s}$ zum Einsatz. Im vorliegenden Fall beim Kraftwerk Reichenau ist die Abflussmenge um ein Vielfaches höher (Ausbauwassermenge von $120 \text{ m}^3/\text{s}$), wonach der Einsatz einer Reuse nicht in Frage kommt.

5.5.2 Telemetrie und Transponder

Um mit modernen Ortungstechnologien zu arbeiten, ist man auf die Markierung von Wildfänge angewiesen, welche ein natürliches Wanderverhalten zeigen. Beim Wehr des Kraftwerks Reichenau können wilde adulte Seeforellen während ihres Aufstiegs auf elegante Art und Weise in der Fischtreppe mittels Reuse gefangen und anschliessend markiert werden.

5.5.2.1 Radiosender

Konventionelle Radiosender wurden im Alpenrhein bereits verschiedentlich bei adulten Seeforellen eingesetzt, um vor allem flussaufwärts gerichtete Migrationsbewegungen zu untersuchen. In allen Untersuchungen bestand die Problematik darin, dass die markierten Fische im Staubereich des Kraftwerks Reichenau nicht erfasst werden konnten, da die Signale ab einer Wassertiefe von rund 10 m nicht mehr empfangen werden.

Um eine Erfolgskontrolle im Bypass durchzuführen, wäre es grundsätzlich möglich, unmittelbar beim Auslauf des Bypasses eine Antenne und einen Empfänger zu installieren. Da die

Radiosender über eine grosse Reichweite verfügen, besteht hier das Problem, dass auch Fische, welche über die Wehrfelder in das Unterwasser gelangen und in der bestehenden Restwasserstrecke flussabwärts schwimmen, von der Antenne erfasst werden können. Somit könnte der genaue Abstiegsweg nicht identifiziert werden, ohne weitere Kontrollempfänger auf Höhe der Wehrfelder zu installieren.

5.5.2.2 "Passive Integrated Transponder" (PIT-Tags)

PIT-Tags verfügen über keine eigene Energiequelle und sind deshalb unbegrenzt haltbar. Aufgrund der kleinen Dimensionen der PIT-Tags von wenigen Millimetern, können diese den Fischen problemlos unter die Haut injiziert werden. Im Vergleich zu Radiosendern ist die Reichweite des Signals allerdings gering und beschränkt sich je nach Bauart auf 0.3 bis maximal 5.0 m.

Die geringe Reichweite der Sender spielt jedoch beim Kraftwerk Reichenau eine untergeordnete Rolle, da die Antennen unmittelbar beim Auslauf des Bypasses installiert werden können. Da die Seeforellen nach der Passage der Rohrleitung im Perimeter des Wasserstrahls abgebremst werden, befinden sie sich gezwungenermassen in der Nähe der installierten Antennen. Der Einsatz von PIT-Tags ist grundsätzlich möglich.

6 Einbau der Rohrleitung

Wenn die Kraftwerksanlage während eines Hochwassers oder einer Revision still steht, können am Wehr Dammbalken gesetzt und der Oberwasserkanal entleert werden. In die oberwasserseitige Abschlussmauer des linken Nebenauslasses wird eine Entlastungsbohrung gemacht und gleichzeitig der Nebenauslass mit Dammbalken verschlossen. Unterwasserseitig kann der Nebenauslass auch mit vorhandenen Dammbalken verschlossen werden.

Anschliessend kann der Kanal wieder gefüllt und der Normalbetrieb aufgenommen werden. Die Montage- und Inbetriebsetzungsarbeiten können dann hinter den Dammbalken ausgeführt werden.

Gemäss einer ersten Schätzung von Kurt Mugwyler im Jahr 2005, ist für die Installation einer Rohrleitung mit Projektkosten von rund CHF 93'000 zu rechnen (exkl. Diffusor, Leit- und Kontrollsysteme). Heute dürften die baulichen Projektkosten zwischen CHF 100'000 und 110'000 liegen.

7 Fazit und Ausblick

7.1 Zusammenfassung der Resultate

7.1.1 Bypass am Wehr/Stausee




Es ist davon auszugehen, dass an der Wehranlage des Kraftwerks Reichenau nur ein Teil der rückwandernden Seeforellen beim Rechen in den Oberwasserkanal durchschlüpfen. Deswegen würde es aus fischbiologischer Sicht Sinn machen, die rückwandernden Seeforellen bereits an der Wehranlage mittels technischem Bypass abzuholen.

Obwohl beim Wehr die Funktionalität einer Bypassleitung vom Ober- ins Unterwasser der Restwasserstrecke vermutlich gegeben wäre, besteht zum aktuellen Zeitpunkt keine Möglichkeit, eine technische Fischabstiegshilfe zu realisieren, da links- und rechtsufrig der Platzbedarf nicht gegeben ist. Aufgrund der komplexen Konstruktion unter der Wehrbrücke zwischen dem Wehrfeld mit Grundablass und dem Rechen, ist die Umsetzung eines Bypasses auch in diesem Bereich ohne wesentliche Umbauten der Wehranlage nicht möglich (vgl. Kapitel 4.3.2).

Aufgrund der genannten Gründe wurde der Lösungsansatz mittels einer Bypassleitung auf Höhe der Wehranlage nicht weiterverfolgt.

7.1.2 Bypass beim Kraftwerkeinlauf

Mit der Bearbeitung der Projektstudie liegen Resultate vor, welche für und gegen die Realisierung eines Bypasses beim Kraftwerkeinlauf sprechen. In Tab. 7.1 sind die Einschätzungen und Bewertungen der Resultate zusammengefasst.

Kapitel	Rahmenbedingung	Einschätzung	Bewertung
5.1	Verhaltensbiologie von adulten Seeforellen während des Abstiegs	Über das Suchverhalten von adulten Seeforellen an Kraftwerksanlagen ist wenig bekannt. Ob sie im Alpenrhein primär bevorzugt in Grundnähe, im Mittelwasser oder oberflächennah suchen, bleibt Gegenstand von Vermutungen.	
	Einlauf in die Rohrleitung	Im Nebenauslass wird es eine geringe Anströmgeschwindigkeit in Richtung des Einlauftrichters geben. Befinden sich die Fische im Nebenauslauf, respektive können die Fische in diesen Bereich gelockt werden, ist die Möglichkeit gegeben, dass der Bypass-einlauf gefunden wird.	
5.2	Fliessgeschwindigkeit im Bypass	Gemäss den DWA Themen (2005) sollte die Fliessgeschwindigkeit im Rohrdurchlass 12 m/s nicht überschreiten. Die hydraulischen Berechnungen zeigen, dass die Fliessgeschwindigkeit im Bypass beim Kraftwerk Reichenau 15.3 m/s beträgt und somit in einem kritischen Bereich liegt.	

Kapitel	Rahmenbedingung	Einschätzung	Bewertung
5.1/5.2	Auslauf ins Unterwasser	<p>Der Auslauf der Rohrleitung erfolgt unterhalb der Wasseroberfläche mit einer Austrittsgeschwindigkeit von 15.3 m/s, wo der Wasserstrahl abgebremst wird. Dabei können seitliche Scherkräfte auf die Fische wirken und diese verletzen. Diesbezügliche Studienergebnisse zur Mortalität von adulten Salmoniden liegen nicht vor.</p> <p>Mit einer konischen Erweiterung am Ende der Leitung (Enddiffusor) könnte die Austrittsgeschwindigkeit allmählich bis unter den kritischen Wert verringert werden. Um die Austrittsgeschwindigkeit beispielsweise zu halbieren, wäre ein mindestens 3.6 m langer Diffusor erforderlich.</p> <p>Der Einbau eines Diffusors ist aus baulicher Sicht machbar.</p>	~
5.1/6	Technische Machbarkeit	Aus technischer Sichtweise ist der Einbau einer Rohrleitung gemäss der Skizze in der Projektidee von Kurt Mugwyler vom 3. Juni 2005 (vgl. Abb. 5.1) und dem Ablaufplan gemäss Kapitel 6 machbar.	☑
5.3	Hydrologische Bedingungen	<p>Während der Hauptabstiegszeit der Seeforellen von Dezember bis März ist der Betrieb des Bypasses aufgrund des kleinen Abflusses im Alpenrhein nur während durchschnittlich 3 - 5 Stunden pro Tag möglich (Mittelwert 1997 – 2007). Teilweise wird die Ausbauwassermenge des Kraftwerks Reichenau von 120 m³/s während Tagen nicht erreicht, womit der Betrieb des Bypasses über längere Zeit nicht gewährleistet ist. Optimal wäre der Einsatz der Bypassanlage während der ganzen Zeitdauer der Abwärtswanderung der Seeforellen von Dezember bis März.</p> <p>Hier besteht die unbeantwortete Frage, wie eine Seeforelle reagiert, welche im ersten Anlauf einen geschlossenen Bypass vorgefunden hat. Entweder macht sie anschliessend wiederholte Suchbewegungen und findet zufälligerweise die laufende Bypassöffnung, oder sie findet sich mit der neuen Situation ab und wählt den Oberwasserkanal als neuen Lebensraum, sofern sie nicht den Weg durch Düker und Rechen zurück in den Stausee findet.</p>	~
5.4	Leitsysteme	Im Oberwasserkanal des Kraftwerks Reichenau kommen als Leitsystem nur Lichtquellen in Frage. Aus technischer Sichtweise ist der Einsatz von Lichtquellen möglich.	☑

Kapitel	Rahmenbedingung	Einschätzung	Bewertung
5.5	Funktionskontrolle	<p>Die Funktionskontrolle ist grundsätzlich mittels Hamen und Ortungstechnologien möglich. Der Aufwand für die tägliche Kontrolle eines Hamens ist gross und birgt gewisse Sicherheitsrisiken für das Betriebspersonal. Für den Einsatz einer Ortungstechnologie bieten sich im vorliegenden Fall passive Transponder (PIT-Tags) an, welche den in der Fischtreppe mittels Reusen gefangenen Seeforellen injiziert werden können.</p> <p>Mit dem Einsatz einer Ortungstechnologie ist es möglich, den quantitativen Nachweis einer Bypasspassage nachzuweisen. Ob der Fisch dabei verletzt wurde, kann mit einer Ortungstechnologie nicht nachgewiesen werden. Weil dem Nachweis einer sicheren Passage eine grosse Bedeutung zukommt, wäre diesbezüglich der Einsatz eines Hamens von Vorteil (qualitativer Nachweis).</p>	~

Tab. 7.1 Zusammenfassung und Erläuterung der Resultate (☑ = machbar, ~ = Unsicherheitsfaktor gross, — kritisch, ☒ = No Go)

Während die technische Umsetzbarkeit einer Bypassleitung im Kraftwerkeinlauf gegeben ist, liegt bei adulten abwärtswandernden Seeforellen ein grosser Unsicherheitsfaktor bezüglich der Verhaltensweise, respektive der Positionierung in der vertikalen Wassersäule vor. Im Weiteren liegt die Fliessgeschwindigkeit in der Rohrleitung mit 15.3 m/s rund 27 % über der in den DWA Themen (2005) empfohlenen maximalen Fliessgeschwindigkeit von 12 m/s.

7.2 Gesamtbeurteilung

Die Grundlagenstudie "Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung und Funktionskontrolle (DWA Themen, 2005)" zeigt viele Möglichkeiten und Erfahrungen auf, welche hauptsächlich basierend auf Untersuchungen der Abwärtswanderung von Aalen und Junglachsen, respektive -meerforellen gesammelt wurden. Zur Verhaltensweise von abwandernden adulten Salmoniden ist jedoch wenig bekannt. Der Stand der Forschung zeigt keine gesicherten Möglichkeiten zur Realisierung eines Bypasses bei einem grossen Kraftwerk auf. Zusammen mit den ungünstigen physikalischen Bedingungen in der Rohrleitung und der kurzen täglichen Betriebsdauer der Bypassanlage während der Hauptwanderzeit der Seeforellen, ist die Wirksamkeit der Abstiegshilfe vermutlich klein.

Im Weiteren können mit der Abstiegshilfe beim Kraftwerkeinlauf nur solche Seeforellen "abgeholt" werden, welche zuerst durch den Rechen auf Höhe der Wehranlage geschlüpft sind. Dabei handelt es sich vermutlich nur um einen Bruchteil der effektiv abwandernden adulten Seeforellen. Ein Grossteil der Seeforellen wird voraussichtlich weiterhin im Bereich der Wehranlage im Stausee nach einer Abstiegsalternative suchen, welche teilweise bei Wehrüberlauf, oder zu einem zufälligen Zeitpunkt während eines Hochwassers bei abgesenkten Wehrfeldern gegeben ist. Inwieweit diese nicht natürliche Abstiegsverspätung in den Bodensee einen negativen Einfluss auf die Physiologie der Seeforellen hat, bleibt offen. Jedenfalls verenden während der "Wartezeit" nicht alle Seeforellen. Dies kann mit einer im Herbst 2006 im Oberwasserkanal gefundenen und physiologisch gesunden Seeforelle belegt werden, welche im Rahmen einer Telemetriestudie von Caviezel (2006) im Herbst 2005 mit einem Radiosender markiert wurde. Andererseits wurden bei Entleerungen des Oberwasserkanals

bereits tote Seeforellen gefunden, welche vermutlich aufgrund von Stress, einer geringen Nahrungsverfügbarkeit oder einer natürlichen Schwächung nach dem Laichvorgang verendet.

Aufgrund der Summe der Unsicherheiten gemäss Tab. 7.1, ist die Wirksamkeit einer Bypasslösung auf Höhe des Kraftwerkeinlaufs nicht zwingend gegeben. Vor allem die rauen Bedingungen in der Bypassleitung aufgrund der Höhendifferenz des Ober- und Unterwasserspiegels und der damit einhergehenden Fliessgeschwindigkeit von rund 15.3 m/s sind grundsätzlich als kritisch, aber nicht als "No Go" zu bewerten.

Alternativ können noch betriebliche Massnahmen an der Wehranlage geprüft werden. Im heutigen Zustand wird bei Überlauf an der Wehranlage zuerst die schmale Regulieröffnung neben dem Rechen abgesenkt. Bei einer Absenkung von 20 cm wird die nächste Regulieröffnung abgesenkt, bis an allen Wehrfeldern Überlauf herrscht. Unter der Annahme, dass die Seeforellen bevorzugt oberflächennah abwandern, wird vermutlich primär das Wehrfeld nahe des Einlaufs in den Oberwasserkanal (Leitströmung) für den Abstieg verwendet. Aus dieser Sichtweise wäre bei Überlauf eine Erhöhung des Vorlaufs an der ersten Regulieröffnung neben dem Rechen für den Fischabstieg sinnvoll. Aus betrieblicher Sicht wäre eine solche Massnahme grundsätzlich machbar.