

# Fischschutz und Fischabstieg in Österreich – Endbericht

Mitfinanziert von:



# **Fischschutz und Fischabstieg in Österreich – Endbericht**

Wien, 2019

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

Autoren: Günther Unfer und Pablo Rauch (Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement)

Fotonachweis: sofern nicht anders angegeben, alle Fotos: Pablo Rauch

Wien, 2019. Stand: 19. Juli 2019

### **Copyright und Haftung:**

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist.

Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

### **Förderung:**

Das Forschungsprojekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, durch das Land Niederösterreich, Land Oberösterreich, Land Salzburg, Land Steiermark sowie den Verein Kleinwasserkraft Österreich und den Österreichischen Fischereiverband (unter Beteiligung der LFV NÖ, ÖO, Tirol und dem WFA) finanziert. Die Abwicklung der Umweltförderung erfolgte durch die Kommunalkredit Public Consulting.

## Inhalt

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Problemfeld Fischschutz .....</b>	<b>10</b>
Turbinenpassage .....	10
Schutz vor Turbinenpassage .....	13
<b>3 Problemkreis Fischabstieg.....</b>	<b>16</b>
Fischabstieg über Fischabstiegshilfen .....	17
Fischabstieg über das überströmte Wehr .....	23
Generelle Schlussfolgerungen zum Wehrabstieg .....	24
Fischabstieg über die Fischaufstiegshilfe (FAH).....	26
Generelle Schlussfolgerungen zum Abstieg über die FAH.....	28
Fischabstieg über Restwasserdotationsbauwerke .....	29
<b>4 Fazit .....</b>	<b>30</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>34</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>35</b>

# 1 Einleitung

Das Forschungsprojekt Fischschutz und Fischabstieg in Österreich ist das erste umfangreichere nationale Forschungsprojekt, das sich der Problematik von flussabgerichteten Wanderbewegungen von Fischen an Kontinuumsunterbrechungen gewidmet hat. Diese Zusammenfassung bündelt die erarbeiteten Ergebnisse des Projekts und diskutiert die wesentlichen Aspekte im Zusammenhang mit Fischschutz und Fischabstieg in kompakter Form.

Die im Zuge des Forschungsprojekts erstellten Berichte sind über die Homepage des BMNT abrufbar und gliedern sich in folgende Teile:

- Endbericht
- Teilbericht 1: Literaturstudie
- Teilbericht 2: Fallstudie Niederösterreich (Thaya)
- Teilbericht 3: Fallstudie Oberösterreich (Seeache)
- Teilbericht 4: Fallstudie Salzburg (Fritzbach/Kleinarler Ache)
- Teilbericht 5: Konzeptstudie Mur / KW Murau

Fische begegnen bei ihrer Wanderung flussabwärts unterschiedlichen Wanderhindernissen wie Wehranlagen von Wasserkraftwerken, Hochwasserschutzbauten und flussbaulichen Querbauwerken. Probleme für flussab wandernde Fische treten in erster Linie an Querbauwerken auf, die zum Zwecke der Wasserkraftnutzung errichtet wurden. Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden ausschließlich Wehr- bzw. Kraftwerksanlagen, die einer Kleinwasserkraftnutzung unterliegen, also Kraftwerke mit einer Ausbauleistung von weniger als zehn Megawatt, betrachtet bzw. im Rahmen von Fallstudien bearbeitet. Aktuell gibt es in Österreich ca. 5.000 Wasserkraftanlagen, davon sind mehr als 95% Laufkraftwerke (Habersack et al., 2012) und daher auch im Zusammenhang mit Fischwanderungen von Relevanz.

Die Ergebnisse des Projekts tragen dazu bei, das Wissen um die Probleme für die natürliche Flussfischfauna, die bei der flussabgerichteten Passage von Kraftwerksanlagen auftreten können, bestmöglich zu erweitern. Ziel war auch, Lösungsvorschläge zur Problematik zu erarbeiten, um potentielle Schädigungen zukünftig möglichst weitgehend zu verhindern. Zu

diesen Schädigungen gehören nicht nur Verletzungen und potentielle Mortalität von Fischen an und durch Anlagenteile von Kraftwerken, sondern generell alle potentiellen Beeinflussungen des natürlichen Wanderungsverhaltens heimischer Fische. Negative Effekte von Wasserkraftwerken auf natürliche Fischbestände in Zusammenhang mit flussabgerichteter Wanderung beeinflussen den ökologischen Zustand von Fließgewässern, da sie den fischökologischen Zustand beeinträchtigen können. Sie besitzen somit auch rechtliche Relevanz, insbesondere hinsichtlich der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, deren verpflichtendes Ziel es ist, in allen europäischen Gewässern den guten ökologischen Zustand sicherzustellen.

Fische wandern im Laufe ihres Lebens. In unterschiedlichen Altersstadien verschiedene Lebensräume aufzusuchen, ist eine Verhaltensweise, die zum natürlichen Lebenszyklus aller heimischen Fische gehört. Wandern Fische flussauf und müssen dabei eine kraftwerksbedingte Barriere überwinden, muss durch eine Fischaufstiegshilfe die Passage ermöglicht werden. Je nach Standort sind Fischaufstiegshilfen hinsichtlich technischer Herausforderungen, Möglichkeiten fischökologischer Optimierung, Kosten etc. unterschiedlich auszuführen, aber funktionsfähige, dem Stand der Technik entsprechende Lösungen sind an annähernd allen Kraftwerksstandorten realisierbar. Während der Wissenstand zum Thema Fischaufstieg aktuell sehr weit entwickelt ist und beispielsweise in Österreich ein fundierter Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegsanlagen zur Verfügung steht (BMLFUW, 2012), ist das Thema Fischschutz und Fischabstieg in Österreich aktuell noch kaum bearbeitet.

Warum flussabgerichtete Wanderung und damit in Zusammenhang stehende Herausforderungen in Europa erst seit wenigen Jahren intensiver bearbeitet werden, liegt unter anderem daran, dass Fische generell einfacher flussab als flussauf gelangen können, da sie nicht gegen die Strömung anschwimmen müssen, sondern auch passiv mit der fließenden Welle flussab transportiert werden. Bei Wasserkraftnutzung fließt – mit Ausnahme des Hochwasserfalls – meist der Großteil des Abflusses durch Kraftwerksturbinen. Wandern Fische flussab, so ist dementsprechend dafür Sorge zu tragen, dass sie (1) vor potentiellen Schädigungen in Kraftwerksturbinen und anderen Anlageteilen bestmöglich geschützt werden (**Fischschutz**) und (2) dass ihnen zumindest ein Korridor verfügbar gemacht wird, über den eine sichere Abwanderung möglich ist (**Fischabstieg**).

Die Literaturstudie im Rahmen des Projekts (Berichtsteil 1) bzw. weitere Literatur, die in die einzelnen Fallstudien eingeflossen ist, spiegeln den aktuellen Wissenstand zur Thematik wider. Mit Verweis auf die weiteren Projektteile, wird in der vorliegenden Zusammenfassung auf Zitate weitgehend verzichtet. Zusätzlich zur Aufarbeitung des aktuellen Kenntnisstandes zum Themenkreis anhand von Literatur wurden im Rahmen des Projekts Fallstudien an

insgesamt fünf Kleinwasserkraftwerken in Niederösterreich, Oberösterreich und Salzburg durchgeführt, die bereits hinsichtlich Fischschutz und Fischabstieg adaptiert waren. Eine Konzeptstudie am Mur-Kraftwerk Murau (Steiermark) versucht, Varianten zur Optimierung von Fischschutz und Fischabstieg für dieses individuelle Bestandskraftwerk zu erarbeiten. Dafür wurden Erkenntnisse aus der Literaturstudie und aus den eigenen Fallstudien in die Variantenkonzeption miteinbezogen. Zu den genannten Fallstudien liegen jeweils umfangreiche Projektberichte vor, in denen alle Ergebnisse im Detail dargestellt und diskutiert werden (Berichtsteile 2-5). Alle im Rahmen des Forschungsprojekts erhobenen Daten sind in einer Projektdatenbank verarbeitet.<sup>1</sup>

Die Fallstudie an der niederösterreichischen Thaya behandelt eine Kraftwerksanlage, die v.a. durch Eigeninitiative des Betreibers hinsichtlich Fischschutz optimiert wurde und auch mit einer Fischabstiegshilfe ausgestattet ist. Auch die untersuchten Anlagen in Salzburg (Fritzbach und Kleinarler Ache) und Oberösterreich (zwei Kleinkraftwerke an der Seeache) wurden hinsichtlich Fischschutz bzw. Fischabstieg bereits vor Projektstart adaptiert. Die bearbeiteten Kraftwerksstandorte nehmen aktuell jedenfalls eine Sonderstellung innerhalb der heimischen Kraftwerkslandschaft ein und sind als Pionierstandorte nicht typisch für die generelle Situation an österreichischen Kleinkraftwerken. Annähernd alle österreichischen Kleinwasserkraftwerke werden aktuell ohne Fischabstiegsanlagen betrieben. Auch hinsichtlich des Fischschutzes ist die überwiegende Mehrheit der Kleinkraftwerke nicht oder nur unzureichend ausgestaltet (z. B. durch Ausstattung mit feinen Rechen), um die Turbinenpassage eines Großteils der vorkommenden Fische zu verhindern.

Im Rahmen des Forschungsprojekts erfolgte an allen Fallstudien-Standorten ein fischökologisches Monitoring der flussabgerichteten Fischwanderungen mittels standardmäßiger (Elektrobefischungen, Reusen etc.) und spezifischer, primär telemetrischer fischökologischer Methoden (Radiotelemetrie, PIT-Tags). Die Untersuchungen umfassten dabei jeweils eine Wanderungssaison bzw. eine einjährige Untersuchungsperiode. Freilanduntersuchungen (Fallstudien) sind freilich immer durch die spezifischen Verhältnisse in der Untersuchungsperiode (z. B. Abfluss, Temperatur, Fischbestand am Standort etc.) beeinflusst. Diese individuellen Bedingungen wirken sich auch auf die Studienergebnisse aus und müssen bei der Interpretation und abgeleiteten Schlussfolgerungen jedenfalls berücksichtigt werden. Aus der Anwendung unterschiedlicher methodischer Ansätze im Rahmen des Projekts lassen sich aber jedenfalls methodische Empfehlungen für zukünftige

---

<sup>1</sup> Die im Projekt verwendeten Daten zu den Abwanderungen von Fischen sind in einer MS Access Datenbank und MS Excel Datenblättern verarbeitet. Die Daten der durchgeführten Fischbestandserhebungen sind in der Fischdatenbank Austria (FDA) des Bundesamts für Wasserwirtschaft (BAW Scharfling) gespeichert.

Untersuchungen bzw. Studien hinsichtlich der übergeordneten Thematik ableiten; entsprechende Empfehlungen zu methodischen Aspekten werden weiter unten angeführt.

Weiterführende Untersuchungen im Themenkreis Fischschutz und Fischabstieg sind aus Sicht der Autoren jedenfalls angezeigt und notwendig, vor allem, weil die Anzahl unterschiedlicher Kleinkraftwerke ebenso groß ist wie die Bandbreite von Gewässern, die zur Energiegewinnung genutzt werden und auch deren Fischartengemeinschaften. **Die Fallstudien im Rahmen des gegenständlichen Projekts können freilich nur einen kleinen Ausschnitt dieser Bandbreite abdecken.**

Die Salzburger Fallstudie (Berichtsteil 4) befasst sich mit zwei Gewässern der Forellenregion und hat damit ihren fischökologischen Schwerpunkt auf der Bachforelle. Die größte Anzahl der österreichischen Kleinkraftwerke liegt in Gewässern der Forellenregion, wodurch die Ergebnisse der Salzburger Fallstudie auf viele Anlagen bzw. andere Gewässer der Forellenregion zumindest teilweise übertragen werden können. Im Gegensatz dazu konnte keine Fallstudie an einem Gewässer der Äschenregion durchgeführt werden, da während der Projektkonzeption kein geeigneter und hinsichtlich Fischschutz und Fischabstieg bereits adaptierter Untersuchungsstandort zur Verfügung stand. An Gewässerabschnitten der Äschenregion sind aber, nach der Forellenregion, die zweitmeisten Kleinkraftwerke situiert und daher ist dringend angezeigt, die Thematik Fischschutz und Fischabstieg zukünftig anhand von Fallbeispielen auch in Gewässern der Äschenregion möglichst umfassend zu bearbeiten. In der Barbenregion konnte mit der Fallstudie Thaya zumindest ein Kraftwerksstandort mit entsprechend großer Fischartenvielfalt untersucht werden. Komplettiert werden die Fallstudien durch die Untersuchungen an der Seeache in Oberösterreich, die als Verbindung zwischen zwei Seen (Mondsee und Attersee) einen Fließgewässer-Sondertyp repräsentiert. Auch die bedeutendsten Wanderfischarten der Seeache, der Perlfisch und die Seelaube, sind eine Besonderheit im heimischen Fischartenspektrum, aber als stark gefährdete und besonders schützenswerte FFH-Arten von herausragender naturschutzfachlicher Bedeutung. Insgesamt ist festzuhalten, dass trotz der intensiven Bearbeitung der Thematik Fischschutz und Fischabstieg im Rahmen der genannten Fallstudien, tatsächlich erst ein erster Schritt getätigt wurde, die notwendigen Wissensgrundlagen zu schaffen, um in den kommenden Jahren, ähnlich wie für den Problemkreis Fischeaufstieg, einen wissenschaftlich und fachlich fundierten Leitfaden entwickeln zu können.

Auch wenn viele Fragen offenbleiben müssen bzw. sich nicht vollständig beantworten lassen, können aus den Ergebnissen des vorliegenden Projekts bereits einige wesentliche Schlüsse und Empfehlungen abgeleitet werden, die im Folgenden angeführt und diskutiert werden. Dabei wird Bezug zu den einzelnen Fallstudien und zur Literaturstudie hergestellt. Die

vorliegende Zusammenfassung ist im Weiteren in die Punkte **Aspekte des Fischschutzes** (Kap. 2) und Möglichkeiten zur Bereitstellung von Korridoren für den **Fischabstieg** (Kap. 3) gegliedert.

## 2 Problemfeld Fischschutz

Unabhängig von den Ursachen oder Motiven treten Fischwanderungen jedenfalls und in beide Richtungen, also gegen die Strömung flussauf und mit der Strömung flussab sowie auch lateral, auf. Fische orientieren sich bei ihren Wanderungen vorwiegend an der Hauptströmung. Während bei flussauf gerichteten Wanderungen ein Einwandern in Turbinen aufgrund hoher Strömungsgeschwindigkeiten so gut wie unmöglich ist und daher auch keine Verletzungsgefahr von Turbinen ausgeht, ist die Abwanderung durch die Turbine mit Verletzungs- bzw. Mortalitätsrisiko verbunden. Da Fische auf ihrer Wanderung flussab, wie bereits erwähnt, der Hauptströmung folgen, gelangen sie im Bereich von Kraftwerksanlagen im Regelbetrieb unweigerlich zu den Einlässen der Turbinen. Nun gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: (1) Fische gelangen in die Turbine und passieren diese (**Turbinenpassage**), oder (2) sie können mit Hilfe von Barrieren effektiv vom Einzug in die Turbine abgehalten werden (**Schutz vor Turbinenpassage**).

### Turbinenpassage

Ob bzw. in welchen Prozentsätzen Fische Wasserkraftturbinen schadlos durchwandern können, hängt in erster Linie vom Turbinentyp ab. Auch wenn keine genauen Zahlen für die österreichische Kleinwasserkraft vorliegen, so ist doch bekannt, dass die überwiegende Zahl an Kleinkraftwerken aktuell entweder mit Kaplan- oder Francisturbinen ausgestattet ist. Beide Turbinentypen verursachen, im Vergleich zu alternativen („fischschonenderen“) Turbinentypen (z. B. Wasserkraftschnecken, VLH Turbine, Aldenturbine etc.) deutlich erhöhte Fischschädigungen, wobei Kaplan turbinen in der Regel deutlich weniger problematisch sind als Francisturbinen.

Die auftretenden Schädigungsraten bei Turbinenpassage sind vom Zusammenspiel mehrerer Parameter wie der Drehzahl der Turbine, der Schaufelzahl, der Fallhöhe etc. abhängig und schwanken auch je nach Fischart, Fischgröße, Altersstadium etc. Außerdem müssen direkte/unmittelbare Schädigungen und sekundäre Mortalität, die erst Tage oder sogar Wochen nach der eigentlichen Turbinenpassage auftreten kann, berücksichtigt werden.

#### **Untersuchung der Turbinenmortalität im Rahmen der Fallstudie Thaya:**

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts wurde die Turbinenpassage und die daraus resultierende Verletzungs- bzw. Mortalitätsrate nur am Kraftwerk Riedmühle an der Thaya

untersucht. Abwandernde Fische werden am Standort Riedmühle durch einen Vertikalrechen mit einem lichten Stababstand von 16 mm vom Turbineneinlauf abgehalten. Damit können generell Fische ab ca. 16 cm Länge erfolgreich vom Einzug in die Turbine geschützt werden. Auf die Schutzwirkung von Feinrechen wird weiter unten in den Ausführungen zum Fischschutz noch näher eingegangen. Es sei aber bereits an dieser Stelle erwähnt, dass auch lediglich ein größerer Fisch - ein Aitel mit 18 cm Länge - den Feinrechen und anschließend die Turbine des KW Riedmühle passierte, die Maßnahme also wirksam ist.

Die Untersuchungen der Turbinenmortalität an der Thaya beschränkten sich damit auf Fische bis max. 16 cm Körperlänge. Abbildung 1 zeigt die Arten und Längenverteilung jener 275 Fische, die unmittelbar unterhalb der Turbine mit einem Hamennetz gefangen und auf Verletzungen bzw. Mortalität untersucht wurden.

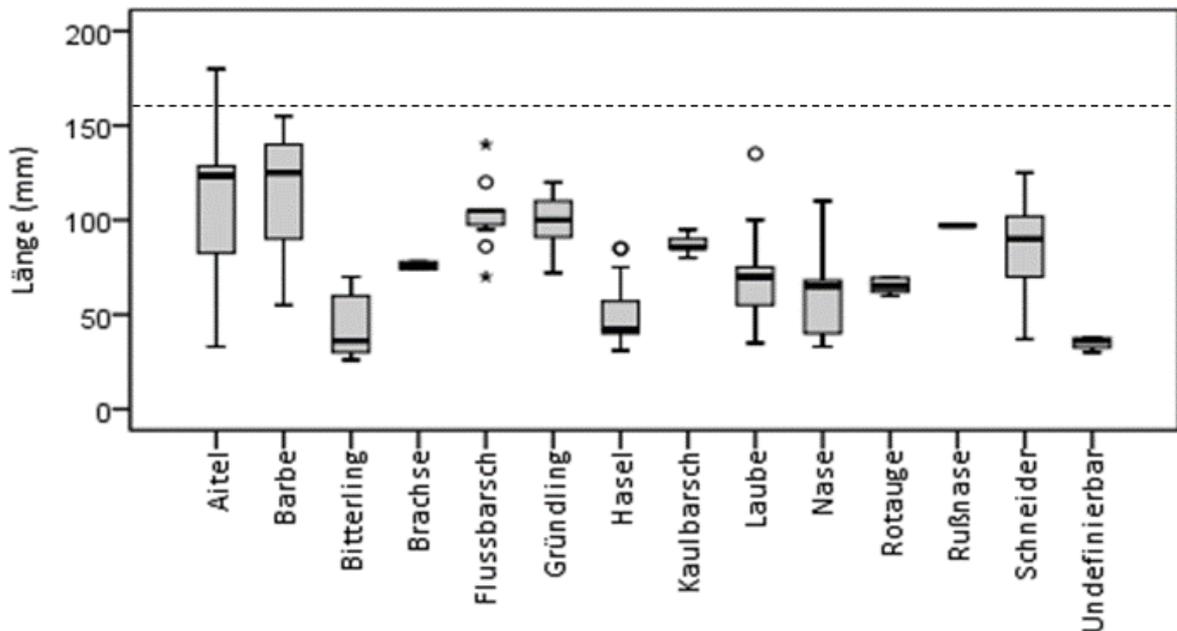


Abbildung 1: Längenverteilung (Boxplots) für einzelne Fischarten, die am Kraftwerk Riedmühle den Feinrechen und die Turbine passierten. Die strichlierte Linie zeigt jene Fischlänge an (160 mm), ab der der Feinrechen eine physikalische Barriere für den Fisch darstellt und somit effektiver Fischschutz gewährleistet ist.

Die mit einem Hamennetz gefangenen Fische wurden auf sichtbare Schäden überprüft, protokolliert und anschließend in ein Hälterungsbecken mit Frischwasserzufuhr überführt. Nach regelmäßiger Kontrolle wurden die Fische nach 48 Stunden Hälterung in das Gewässer zurückgesetzt. Die Verletzungen wurden in folgende Kategorien eingeteilt: (1) allgemeine Verletzung/Einblutung, (2) Verpilzung, (3) Flossenverletzung, (4) Entschuppung und (5) Amputation.

Von den 275 gefangenen Fischen wurden 74 Individuen (27%) tot aus dem Hamen entnommen. Weitere 12 Fische (4%) zeigten verzögerte Mortalität nach spätestens 48 Stunden.

Bei 25 der 275 gefangenen Fische konnte eine sichtbare, äußere Verletzung festgestellt werden. Mit Abstand am häufigsten waren Entschuppungen (16 Fische) gefolgt von allgemeinen Wunden/Einblutungen (4 Ind.) und Flossenverletzungen (3 Ind.). Verpilzung und Amputationen wurden bei jeweils einem Individuum festgestellt, wobei eine Verpilzung nicht als unmittelbare Folge der Turbinenpassage auftritt. Lediglich drei der offensichtlich verletzten Fische waren nach der Hälterung von 48 Stunden noch am Leben und agil. Zweiundzwanzig der verletzten Fische waren bereits bei der Hamenentleerung tot oder starben während der Hälterung. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei 56 tot entnommenen und bei 8 verzögert gestorbenen Fischen keine äußere Verletzung festgestellt wurde.

Wie im oberen Absatz beschrieben sind 86 der über die Turbine abgestiegenen Fische gestorben. Das entspricht einem Anteil von 31%. Die Mortalität ist je nach Fischart unterschiedlich stark. Während beim Gründling, der mit Abstand häufigsten Art der Hamenfänge, die Gesamtmortalität bei nur 3% lag, war sie beim Bitterling mit 62% ungleich höher. Auch für Hasel (72%) und Rotauge (75%) lag die Mortalität weit über dem Durchschnittswert. Für Schneider, Aitel, Flussbarsch oder Laube wurden hingegen geringere Mortalitätswerte festgestellt.

Anhand der vorab ermittelten Hamenmortalität<sup>2</sup> von rund 8% muss davon ausgegangen werden, dass auch im Rahmen der Untersuchung der natürlichen Abwanderung ein Anteil der getöteten Fische durch den Hamenfang geschädigt wurde. Es verbleibt demnach eine Mortalitätsrate von 23%, die der Turbine zugerechnet werden kann, wobei auch noch weitere Faktoren wie Verdriftung toter oder geschwächter Individuen sowie eine Schädigung durch die Rechenpassage vor Turbineneinzug berücksichtigt werden müssen. Da diese Faktoren im Rahmen der Untersuchungen an der Thaya nicht ermittelbar waren, wird für die Erhebung der Turbinenpassage im Herbst 2016 eine Mortalitätsrate von 23% als Obergrenze bzw. Maximalwert angenommen.

Die Turbinenmortalität an der Thaya war, entsprechend der lichten Weite des Feinrechens, auf Klein- bzw. Jungfische bis zu einer Länge von ca. 16 cm beschränkt und die Anzahl an

---

<sup>2</sup> Durch die Fangmethode bedingte Schädigung von Tieren muss zur Abschätzung des (Gesamt-)Verletzungsrisikos bekannt sein. Bei der Fallstudie Thaya wurde die Schädigungsrate durch Fischzugaben in den Fanghamen ermittelt (7,8% Mortalität; 145 Fische dotiert), wobei eventuelle Vorschäden der Fische nicht bekannt waren.

Fischen, die im Untersuchungszeitraum die Turbine passierten, insgesamt vergleichsweise gering. Allerdings ist das Ergebnis nicht bzw. nur sehr eingeschränkt auf andere Standorte übertragbar. Andere Turbinendurchmesser, Schaufelzahlen und -anordnungen, Drehzahlen etc., ebenso wie andere Fischartenspektren können deutlich abweichende Ergebnisse erbringen. Untersuchungen des Turbinen-Durchgangs von Fischen sind methodisch aufwendig, arbeits- und daher auch kostenintensiv. Die Untersuchung der Turbinenmortalität an der Thaya war aber insofern zentral für das Projekt, als dass nur durch das Monitoring aller Korridore eine Gesamtbewertung der Kraftwerksanlage hinsichtlich der Abwanderung möglich wurde (siehe weiter unten). Eine solche Gesamteinschätzung konnte bei den weiteren Fallstudien nicht getätigt werden.

Der Idealfall aus fischökologischer Sicht wäre jedenfalls, wenn alle abwandernden Fische eine Turbine schadlos durchschwimmen könnten, was aber bis dato für keinen am Markt befindlichen bzw. etablierten Turbinentyp belegt ist. Aktuell läuft zum Thema Turbinenpassage ein sehr aufwendiges Forschungsprojekt in Bayern („Fischökologisches Monitoring an konventionellen, nachgerüsteten und innovativen Wasserkraftwerken“ der TU München), das sich mit der Fischschädigung beim Durchgang durch unterschiedliche Turbinentypen beschäftigt. Der Fokus dieses Projekts liegt dabei auf der Untersuchung so genannter alternativer Turbinentypen (z. B. VLH-Turbine, Wasserkraftschnecke), auch einzelne Standorte mit Kaplan-turbinen werden in Fallstudien bearbeitet. Konkrete, wissenschaftlich fundierte Ergebnisse zu den Verletzungs- bzw. Mortalitätsraten der untersuchten Turbinen(typen) für die untersuchten Standorte bzw. daraus ableitbare Generalisierungen, die zumindest für die bei den Versuchen verwendeten Fischarten (bis auf den Aal, alle auch für Österreich relevant) anwendbar sein werden, können für 2020 erwartet werden. Bekannt ist aber bereits, dass bei allen bisher untersuchten Anlagen bzw. Turbinen Schädigungen an Fischen auftreten. Generell kann gefolgert werden, dass in Kleinkraftwerken aktuell sowohl Turbinen mit Schädigungsraten bis zu 100% (z. B. Pelton-Turbine) als auch Turbinen mit sehr geringen Schädigungsraten (z. B. Schneckenturbinen) im Einsatz sind. Am geringsten ist das Verletzungs- bzw. Mortalitätsrisiko für abwandernde Fische an der so genannten Drehrohrschncke, da diese Turbine vollkommen spaltfrei ist und auch Druckverletzungen ausgeschlossen sind. **Eine tatsächlich „fischfreundliche“ Turbine ohne negative Folgen für abwandernde Fische ist aber bis dato nicht bekannt.**

## Schutz vor Turbinenpassage

Je höher die Schädigungsrate einer Turbine, desto wichtiger wird es, Fische vor der Turbinenpassage zu schützen. Den effektivsten Schutz vor Eintritt in eine Turbine bieten mechanische Barrieren; das sind im wesentlichen Rechenanlagen in unterschiedlichen

Ausführungsvarianten. Hinsichtlich eines effektiven Schutzes kann die bereits oben angesprochene Faustregel angewandt werden, dass die lichte Weite (der Stababstand) einer Rechenanlage mit 10 multipliziert werden kann, um die Länge der Fische zu ermitteln, die mittels Rechen effektiv vor Turbineneinzug geschützt werden können. Ein Rechen mit einem Stababstand von 1 cm schützt also Fische ab ca. 10 cm Länge. Freilich spielen Fischart und Körperform dabei eine gewisse Rolle, aber nachdem der Aal in Österreich nicht von Relevanz ist, erscheint diese Faustregel in der Praxis, unter Berücksichtigung einiger Ausnahmen (z. B. Schmerlen, Neunaugen u. Ä.), jedenfalls anwendbar.

In Österreich wird über die lichte Rechenweite bei relevanten wasserrechtlichen Verfahren aktuell im Einzelfall entschieden. Für einige Länder Deutschlands sind rechtliche Regelungen über maximal zulässige lichte Weiten in Kraft, die zum Teil auf Aal bzw. abwandernde Junglachse abgestimmt sind und daher entsprechend geringe Stababstände fordern. In der Schweiz gilt aktuell ein maximaler Stababstand von 2 cm als Grenzwert, unabhängig von der Größe der Anlage. Im benachbarten Südtirol wird aktuell behördlich ein maximaler Stababstand von 15 mm vorgeschrieben. Sollte dieser Stababstand aufgrund z. B. großer Wassermengen tatsächlich technisch nicht machbar sein, werden zusätzlich zum Rechen (elektrische) Fischescheueinrichtungen vorgeschrieben.

Neben der lichten Weite ist die Anströmgeschwindigkeit als zweiter entscheidender Rechenparameter zu nennen. Auch hinsichtlich dieses Parameters lässt sich aus der verfügbaren Literatur eine Faustregel ableiten. Die maximale Anströmgeschwindigkeit eines Rechens sollte 50 cm/s nicht übersteigen. Bis zu diesem Grenzwert ist ein Großteil der Fischarten bzw. deren Altersstadien, die durch den Rechen geschützt sind, manövrierfähig und die so genannte Rechenmortalität, die durch ein Anpressen der Fische an den Rechen verursacht wird, weitestgehend vermeidbar. Um dem unterschiedlichen Arteninventar bzw. der Fischregion gerecht zu werden, hat die Schweiz den Richtwert der maximalen Anströmgeschwindigkeit für die Barben- und Brachsenregion mit 30 cm/s festgelegt.

**Als generelle Schlussfolgerung hinsichtlich der Gestaltung von Fischschutzrechen** kann, v. a. auf Basis der Literaturstudie, gesagt werden, dass Rechen mit maximalen lichten Weiten von 1-2 cm technisch an annähernd allen Kleinwasserkraft-Standorten realisierbar sind. Generell ist zu empfehlen, Feinrechen immer so eng wie möglich auszuführen. An vielen Standorten sind Rechen bis zu 1 cm lichter Weite machbar. Geringe Stababstände und geringe Fließgeschwindigkeiten vor dem Feinrechen können auch aus technischer Sicht sinnvoll sein (Sandfang, Schutz vor Verunreinigung/Abnutzung der Turbine). Je geringer die Stababstände, desto kleinere Fische können erfolgreich von Turbinen abgehalten werden. Es sollte generell versucht werden, den Schutz vor Turbinenpassage im Sinne des Tier- und

Umweltschutzes zu optimieren, unabhängig davon, ob eine direkte Relevanz für den ökologischen Zustand gegeben ist oder nicht.

Unabhängig von der Gestaltung und Anordnung der Rechenanlage bleibt freilich der Umstand, dass Jungfische - die aufgrund ihrer geringen Länge/Größe dazu in der Lage sind - den Rechen passieren können, und in weiterer Folge in die Turbine gelangen werden. Dann hängt es wiederum von der weiter oben angesprochenen Schädigungsrate der Turbine ab, ob zusätzliche Barrieren (z. B. Verhaltensbarrieren, die eine Meidreaktion aufgrund des Fischverhaltens bedingen, aber keinen physischen Schutz darstellen; Beispiele können sein: Licht-/Schall-/Stromimpulse, Leit-/Tauchwände, Luftvorhänge, etc.) notwendig werden, um den Fischschutz weiter zu verbessern oder ob eine gewisse Verletzungs- bzw. Mortalitätsrate als akzeptabel erachtet werden kann. Nachdem Stababstände unter 1 cm in der österreichischen Kleinkraftwerkslandschaft wahrscheinlich auch zukünftig nicht realisierbar sind, können Fische erst ab einer Körperlänge von ca. 10 cm tatsächlich vom Turbinendurchgang geschützt werden. **Daher gilt es, im Sinne eines möglichst optimalen Fischschutzes, den Einbau möglichst fischschonender Turbinen zu fördern, um jenen Fischen, die nicht durch Feinrechen vom Turbineneinzug abgehalten werden können, möglichst hohe Überlebensraten zu ermöglichen.**

# 3 Problemkreis Fischabstieg

Fische vor dem Einzug in Turbinen und den damit verbundenen Schädigungen zu schützen, ist ein wesentliches Ziel im Sinne des Umwelt- und Tierschutzes. Aber zur Gewährleistung freier Fischmigration an Wasserkraftanlagen müssen flussab wandernde Fische jedenfalls Möglichkeiten vorfinden, eine Kraftwerksanlage erfolgreich und sicher zu überwinden.

Während sich effektiver Fischschutz aufgrund relativ eindeutiger Kriterien für die Gestaltung entsprechender Fischschutzrechen gewährleisten lässt, ist das Wissen über viele Aspekte des Fischabstiegs noch sehr gering. Das generelle Abwanderungsverhalten der heimischen Fische ist für viele Arten und Altersstadien ebenso wenig erforscht wie deren Verhalten an unterschiedlichen Hindernissen und Engstellen. Daher lag der Schwerpunkt der Fallstudien des Projekts Fischschutz und Fischabstieg in Österreich insgesamt auf dem fischökologischen Monitoring des Fischabstiegs bzw. Abstiegsverhaltens an den untersuchten Kleinkraftwerken. Bei allen drei Fallstudien wurde versucht, die flussab gerichtete Fischwanderung an möglichst allen verfügbaren Wanderkorridoren – mit Ausnahme der Turbinen – zu erfassen.

Als **potentielle Wanderkorridore**, neben dem Turbinendurchgang, sind dabei der Abstieg über

- eigens errichtete **Fischabstiegshilfen**,
- das **überströmte Wehr**,
- die **Fischaufstiegshilfe** und schließlich
- **Restwasserdotierbauwerke** relevant.

Welche Wanderkorridore in welchem Ausmaß von absteigenden Fischen angenommen werden, hängt von mehreren Faktoren ab. Die Lage des Korridors im Bezug zum Weg des Hauptabflusses ist jedenfalls ausschlaggebend für die Auffindbarkeit eines Alternativkorridors. Dabei wird der Parameter Lage umso zentraler, je weniger Wasser über den Korridor abgegeben wird.

## Fischabstieg über Fischabstiegshilfen

Fischabstiegshilfen (Bypässe), gemeint sind dabei alle Bauwerke die zum Zwecke der Schaffung eines Abstiegskorridors errichtet werden, sollten immer möglichst unmittelbar an einem Feinrechen platziert werden, der die Fische vor dem Turbineneinzug schützt. Verläuft der Feinrechen noch in spitzem Winkel in Richtung der Abstiegsmöglichkeit, leitet die Fische also in Richtung des Bypass-Einstieges, ist die Lage der Fischabstiegshilfe optimal.

Idealerweise - und so kann ein aktueller Stand des Wissens skizziert werden - leitet der Fischschutzrechen also direkt zu einem Bypass. So können Suchverhalten und damit verbundene Verzögerungen im Fischabstieg weitgehend verhindert werden. Ebenfalls ideal ist eine vertikale, von der Oberfläche bis zur Sohle durchgehende Bypassöffnung. Ein derartiger „vertical-slot“ bietet sowohl für bodennah als auch oberflächlich wandernde Fische optimale Einstiegsmöglichkeiten in den Bypass.

An den Standorten der Fallstudien der gegenständlichen Arbeit sind unterschiedliche Bauwerke, die als Fischabstiegshilfe fungieren sollen, installiert.

An den beiden Salzburger Kleinkraftwerken (Fritzbach und Kleinarler Ache) sind es Klappen, die primär zur Dotation der Restwasserstrecken errichtet wurden und während der Untersuchungsperiode durchgehend dotiert waren. Die Anordnung der beiden Klappen unterscheidet sich v. a. insofern, als dass die Klappe am Fritzbach vom linken Ufer Richtung Gewässermittle versetzt angeordnet ist, während am rechten Ufer abwandernde Fische an der Kleinarler Ache direkt zur Fischabstiegsklappe gelangen. Die Klappe ist allerdings, im Gegensatz zum Fritzbach, nicht angerampt. An beiden Klappen müssen abwandernde Fische oberflächennah absteigen, für am Gewässergrund wandernde Individuen existiert keine Abstiegsmöglichkeit.



Abbildung 2: Fischabstiegshilfen an den Wehranlagen der Kraftwerke Fritzbach (links) und Kleinarler Ache (rechts). In beiden Fällen fungieren die Klappen auch als Restwasserdotationsbauwerke.

Auch an der Seeache sind beide Kraftwerke mit Fischabstiegsklappen ausgestattet, die oberflächlich in die Spülklappen zur Abgabe von Treibgut eingearbeitet sind. Die Abstiegsklappe am Kraftwerk Ebewe befindet sich im Anschluss an einen horizontalen Feinrechen, der den Turbineneinlauf begrenzt und die Funktion eines Leitrechens übernimmt. Unmittelbar nach dem Rechenfeld gelangen absteigende Fische direkt zur angerampten Abstiegsklappe. Klappentyp und Situation am Kraftwerk Laganda sind ähnlich. Auch an diesen beiden Anlagen müssen absteigende Fische oberflächennah abwandern bzw. sollen sie durch die Anrampung Richtung oberflächlichen Abstieg geleitet werden.



Abbildung 3: Abstiegsanlagen an den Kraftwerken Laganda (links) und Ebewe (Mitte und rechts) in der Seeache.

Ein völlig anderer Typ von Fischabstiegshilfe ist an der Thaya verbaut. Dort ist der Einstieg in die Abstiegshilfe einige Meter flussauf des Feinrechens platziert. Ein oberflächlicher Tauchbalken sowie eine Schwelle an der Sohle sollen Fische in Richtung Abstiegshilfe leiten. Absteigende Fische können sowohl den bodennahen, als auch einen oberflächlichen Einstieg nutzen. Beide Einstiege münden in eine Rohrleitung, über die die Fische ins Unterwasser gespült werden.



Abbildung 4: Fischabstiegsanlage am Kraftwerk Riedmühle an der Thaya. Die Öffnungen zur Bypassleitung sind flussauf versetzt vom Feinrechen angebracht. Oberflächlich dient eine Tauchwand, am Boden ein Betonsockel als Leiteinrichtung. (Fotos: R. Bentz)

Insgesamt weichen alle untersuchten Abstiegshilfen vom oben skizzierten aktuellen Stand des Wissens hinsichtlich der optimalen Ausgestaltung eines Fischschutz-/Fischabstiegskonzepts ab. Am ehesten sind die Fischabstiege an der Seeache mit dem von Ebel, Gluch & Kehl (2015) beschriebenen Leitrechen-Bypass-System vergleichbar.

**Die Ergebnisse des Monitorings der Abstiegshilfen im Rahmen der Fallstudien zeigen, dass grundsätzlich alle zur Verfügung stehenden Anlagen auch tatsächlich zum Abstieg genutzt werden. Allerdings ist die quantitative Bedeutung aller Anlagen gleichermaßen gering.** An der Thaya, wo tatsächlich alle potentiellen Wanderkorridore verglichen werden konnten, wurden lediglich ca. 5% aller abwandernden Fische in der Abstiegshilfe registriert.

Am KW Ebewe an der Seeache wurde der dezidierte Abstieg über die Abstiegsklappe von 70 der zuvor über 1.200 aufgestiegenen und markierten Fische belegt. Auch wenn nur ca. 30% aller Absteiger, bei denen der benützte Abwanderkorridor bekannt ist, über die Klappe

abgewandert sind, scheint die Abstiegshilfe für einzelne Fischarten dennoch von großer Bedeutung zu sein. Die Errichtung der Fischabstiegsklappen an der Seeache wurden primär zum möglichst weitreichenden Schutz der FFH-Arten Perlfisch und Seelaube vorgeschrieben. Die wesentlichste Zielsetzung war, dem großwüchsigen Perlfisch die uneingeschränkte Migration in die/in der Seeache zu garantieren. Das weitgehende Erreichen dieses Ziels wird durch die Abstiegsklappe auch tatsächlich signifikant beeinflusst, da von den insgesamt 89 in der Reuse markierten aufgestiegenen Perlfischen, 35 (also 40%) auch wirklich über die Fischabstiegshilfe abgewandert sind. Aus der Telemetriestudie geht klar hervor, dass von den Perlfischen ausschließlich die Abstiegsklappe als Korridor genutzt wird, wenn das Wehr nicht überströmt wird. Auch die abgestiegenen Seelauben benutzen die Abstiegsklappe an der Seeache im Vergleich zu anderen überwachten Korridoren präferiert, auch wenn mit 20 Individuen nur ein sehr geringer Anteil der markierten Fische (5%) detektiert wurde. Weitere Fischarten der Seeache nutzten die Abstiegsklappe kaum zur Rückwanderung, sondern bevorzugten andere Korridore (FAH, Wehr).

Die Fischabstiegsklappen der Fallstudien Fritzbach und Kleinarler Ache werden ähnlich den beiden oben beschriebenen Abstiegshilfen an Thaya und Seeache von einem eher geringen Anteil aller gesamt registrierten absteigenden Fische genutzt. Während insgesamt etwa 20% der markierten Fische nachweislich über die Anlagen abwanderten, wurden an der Abstiegsklappe am Fritzbach 20% der Absteiger registriert (bzw. 4% der Markierten), an der Kleinarler Ache sind es immerhin ca. 44% der Absteiger (bzw. 21% der Markierten). Der Vergleich der beiden Anlagen an ähnlichen Gewässern mit gleichem Arteninventar erbrachte aber besonders interessante Unterschiede, aus denen zwei weitere **generelle Schlussfolgerungen** abgeleitet werden können:

1. Der oben kurz beschriebene deutliche Unterschied hinsichtlich der Abstiegsraten an den beiden Salzburger Kraftwerken kann primär auf die Situierung der Klappen zurückgeführt werden und weist deutlich auf die zentrale Bedeutung der Positionierung der Abstiegsklappe hin. An beiden Standorten ist die Klappe in der Wehrachse positioniert. An der Kleinarler Ache liegt diese jedoch bündig am Rand in direkter Fluchtlinie zur Wasserfassung bzw. dem Grobrechen. Am Fritzbach wird die Klappe durch die Versetzung von rund 1,5 m in Richtung Flussmitte sowie den vor der Klappe situierten Zulaufkanal (vgl. Abbildung 5) von abwanderwilligen Fischen offensichtlich schlechter aufgefunden. Fische, die entlang der Wehrachse eine Abstiegsmöglichkeit suchen, müssen am Fritzbach etwa 2 m zurückschwimmen, um in den 60 cm breiten Zulauf zur Klappe einschwimmen zu können. Obwohl dies physiologisch natürlich problemlos möglich ist, wird die Selektivität der Klappe dadurch erhöht. Werden also zukünftig ähnliche Klappen geplant bzw. ausgeführt, sind Situationen, wie jene am Fritzbach

jedenfalls zu vermeiden, sondern man sollte sich bei der Positionierung der Klappe an der Kleinarler Ache orientieren.



Abbildung 5: Positionierung der Abstiegsklappen am Fritzbach (links) und Kleinarler Ache (rechts).

2. Die beiden Fischabstiegsklappen an Fritzbach und Kleinarler Ache dienen primär der Abgabe von Restwasser, daneben erfüllen sie aber auch die Funktion einer Abstiegshilfe. Zahlreiche österreichische Kleinwasserkraftwerke wurden als so genannte Ausleitungskraftwerke errichtet, die bei Normalwasserführung den überwiegenden Teil des Abflusses ausleiten. Flussab des Wehres, an dem die Ausleitung erfolgt, liegen so genannte Restwasserstrecken, die gemäß WRRL und Nationalem Gewässerbewirtschaftungsplan mit einer angemessenen Restwassermenge dotiert werden müssen. Die Restwasserabgabe erfolgt zum einen teilweise – in manchen Fällen auch vollständig – über die Dotation der Fischaufstiegshilfe. An manchen Anlagen wird ein Teil des abzugebenden Restwassers auch energetisch genutzt, passiert also so genannte Restwasserturbinen unterschiedlicher Art. Wie die Fallbeispiele an den beiden Salzburger Kraftwerke zeigen, werden die dort installierten Klappen als Korridor für den Fischabstieg angenommen. Somit kann gefolgert werden, dass Dotierbauwerke an Ausleitungskraftwerken generell so gestaltet werden sollten, dass ein sicherer Abstiegskorridor für Fische geschaffen wird. Hinsichtlich der energetischen Nutzung der Restwasserabgabe sind Turbinentypen wünschenswert, die einen möglichst sicheren Abstieg ermöglichen. Dabei stellen aktuell v. a. (möglichst spaltenfreie) Wasserkraftschnecken eine geeignete Option dar. Im Sinne der Fischwanderung – flussauf und flussab – ist zu empfehlen, eine Fischaufstiegshilfe gemäß nationalem Leitfaden zu konzipieren, die Dimensionierung der FAH aber lediglich so groß wie nötig und nicht so groß wie möglich auszurichten. Dadurch könnte in vielen Fällen die

Dotationswassermenge auf zwei Wanderkorridore (Fischaufstiegshilfe und Abstiegshilfe/Klappe) verteilt werden und absteigenden Fischen ein zusätzlicher Wanderkorridor eröffnet werden. Eine weitere vielversprechende Variante ist die Kombination von Auf- und Abstiegshilfe (siehe „Schlussfolgerungen zum Abstieg über die FAH).

## Fischabstieg über das überströmte Wehr

Übersteigt der Abfluss den Ausbaugrad eines Kraftwerks, wird typischerweise das so genannte Überwasser über das Wehr ins ursprüngliche Flussbett abgegeben. So eröffnet sich abwanderungswilligen Fischen bei hohen Abflüssen ein potentieller Abstiegskorridor. Im Rahmen vorliegender Studie wurde an allen Fallbeispielen versucht, diesen Korridor mit zu betrachten bzw. die Fischabstiegsmöglichkeiten bzw. das Abstiegsgeschehen bei Überwasser bestmöglich zu beurteilen. Nachdem ein Wehrüberlauf immer mit größeren Wassermengen einhergeht, ist das fischökologische Monitoring dieses Korridors aber methodisch besonders anspruchsvoll.

An der Thaya traten während der Untersuchungsperiode keine Tage mit nennenswerten Wehrüberlauf auf. Das bedeutet, dass der potentielle Wanderkorridor nicht verfügbar war und somit auch kein entsprechendes Monitoring notwendig war. Sowohl an der Seeache wie auch an den beiden Salzburger Forellengewässern waren die Wehranlagen jedoch an zahlreichen Tagen überströmt. Mit den Radiotelemetrieuntersuchungen zum Perlfisch-Verhalten konnten an der Seeache konkrete Ergebnisse hinsichtlich des Fischabstiegs über das überströmte Wehr am KW Ebewe generiert werden. Durch die separate Überwachung des Ober- und Unterwassers der Wehranlage konnten Annäherungs- und Verweilverhalten der besenderten Fische nachvollzogen sowie der Abstieg über das Wehr bzw. die Fischabstiegsklappe zeitgenau erfasst und differenziert werden. Es zeigte sich, dass die Perlfische in Überwassersituationen primär über das Wehr abstiegen, während sie bei Normalwasserführung die Fischabstiegsklappe nutzten.

An den anderen untersuchten KW-Anlagen bzw. mit anderen fischökologischen Methoden ist der Fischabstieg über das Wehr nur indirekt belegt. Beispielsweise wurden Fische als Aufsteiger über die FAH registriert, die zuvor im Oberwasser markiert worden waren, vor der Detektion im Aufstieg aber über keinen anderen (überwachten) Korridor abgestiegen waren. Auch der Wiederfang von im Oberwasser markierten Individuen im Rahmen der Elektrofischung im Unterwasser ohne Registrierung an den PIT-Antennen, die in allen weiteren möglichen Korridoren platziert worden waren, weist auf einen Abstieg über das

überströmte Wehr hin. Auch wenn eine exakte Quantifizierung des Wehrabstieges nur für die telemetrierten Perlfische der Seeache möglich ist, zeigt sich in der Zusammenschau der Salzburger und oberösterreichischen Fallstudien, dass der Wehrabstieg bei Überwasser ein typisches Verhalten ist und überströmte Wehre einen bedeutenden Wanderkorridor repräsentieren.

Wie häufig dieser Korridor tatsächlich zur Verfügung steht, hängt in erster Linie vom Ausbaugrad der Kraftwerksnutzung und dem hydrologischen Jahresgang des Gewässers ab. Je nachdem wie stark Abwanderungsbewegungen der Fischfauna und Überwassersituationen überlappen, kann ein Wehrabstieg jedenfalls freie Migration unterstützen. Es ist aber auch klar, dass Phasen ohne Überwasser, bei gleichzeitigem Fehlen eines weiteren Korridors zum Abstieg, natürliches Migrationsverhalten wesentlich behindern können.

### **Generelle Schlussfolgerungen zum Wehrabstieg**

Je nach Fallhöhe zwischen Ober- und Unterwasser bzw. der Ausgestaltung des Unterwasserbereichs kann der Wehrabstieg aber auch mit Verletzungs- bzw. Mortalitätsrisiko verbunden sein.



Abbildung 6: Wehrfeld bei geringem Wehrüberlauf sowie Fischabstiegsklappe (links) des KW Ebewe. Im Unterwasser des Wehrfeldes sind die Steinschichtungen zur Absicherung der Wehranlage zu erkennen. (Foto: K. Pinter)

Abbildung 6 zeigt das überströmte Wehr am Kraftwerk Ebewe an der Seeache. Vor allem bei geringen Überwassermengen können absteigende Fische auf der darunterliegenden Steinschichtung aufschlagen. Solche und ähnliche Situationen sollten jedenfalls vermieden werden. Unterhalb des Wehres sind ausreichend tiefe Wehrkolke (Tosbecken) herzustellen, wobei die Tosbeckentiefe mindestens 25 % der Fallhöhe entsprechen soll; eine Mindestdiefe von 1,3 m sollte dabei keinesfalls unterschritten werden (vgl. Ebel, 2018). Neben der ungünstigen Situation am Beispiel Ebewe ist beispielsweise auch der Wehrüberfall am Beispiel KW-Murau problematisch und es muss angenommen werden, dass an zahlreichen Wehrüberfällen absteigende Fische verletzt werden können.

Am Wehr des Kraftwerks Riedmühle (Thaya) ist die Situation dahingehend ungünstig, da das Wehr sehr breit ist (vgl. Abbildung 8) und sich erst bei großen Überwassermengen ein ausreichend tiefes Wasserpolster über der Wehrkrone ausbildet. In solchen Situationen können potentiell absteigende Fische im Unterwasser aufgrund der Überbreite des Profils stranden bzw. ersticken. **Vor allem bei Neuplanungen von Anlagen, aber auch im Rahmen von Kraftwerks-Revitalisierungen, sollten die angesprochenen Aspekte des Fischabstiegs am überströmten Wehr in der Planung Berücksichtigung finden.**

## Fischabstieg über die Fischaufstiegshilfe (FAH)

Es war zwar grundsätzlich bekannt und z. T. auch belegt, dass Fischaufstiegshilfen auch zum Abstieg genutzt werden können, konkrete Studien zur Effizienz von FAHs für Wanderungen flussab sind aber auch international kaum verfügbar. Aus den Ergebnissen der im Rahmen des Projekts Fischeschutz und Fischabstieg in Österreich durchgeführten Fallstudien wird aber offensichtlich, dass die potentielle Effektivität von FAHs als Abstiegskorridor bisher unterschätzt geblieben ist.

Insgesamt sind die meisten als Absteiger registrierten Fische der Fallstudien nämlich über die Fischaufstiegshilfen abgewandert. Am Beispiel der Fallstudie Seeache können einige Aspekte dieses überraschenden Gesamtergebnisses detaillierter betrachtet werden: Während am Kraftwerk Laganda ca. 30% aller aufgestiegenen Fische zur Abwanderung die FAH nutzen, sind es am KW Ebewe nur ca. 8%. Abbildung 7 zeigt eine Luftbildaufnahme der Kraftwerke, in der die Abstiegskorridore – auch über die FAH – eingezeichnet sind. Der Einstieg in die linksufrig situierte FAH am KW Laganda zweigt direkt in der Wanderachse absteigender Fische am Beginn des Triebwasserkanals ab und wird von abwanderwilligen Individuen offensichtlich deutlich besser gefunden als am flussab liegenden KW Ebewe. Dort befindet sich der oberwasserseitige Einstieg in die FAH ca. 20 m flussauf des Wehres an der rechten Uferseite, also gegenüber dem Triebwasserweg. Zusätzlich wird die Auffindbarkeit der FAH durch das Auskragen der FAH in die Seeache erschwert. Diese Unterschiede können als Ursache für die deutlich reduzierten Abstiegzzahlen am KW EBEWE interpretiert werden.

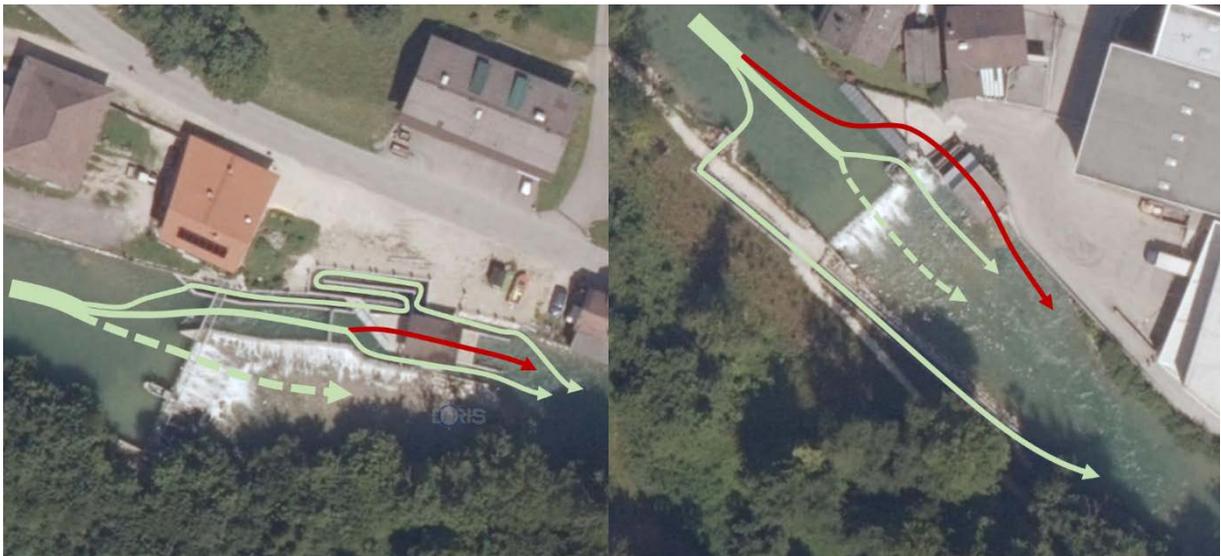


Abbildung 7: Wanderkorridore für absteigende Fische an der Anlage Laganda (links) und Ebewe (rechts). In Rot ist der Abwanderkorridor über die Turbine angegeben, in Grün weitere Korridore, wobei über das Wehrfeld nur bei erhöhtem Wasserstand abgewandert werden

kann und der sichere Abstieg über diesen Korridor aufgrund des Fehlens eines Tosbeckens an den beiden beschriebenen Anlagen nicht gewährleistet ist. (Bildgrundlage: DORIS – Geodateninformationssystem Land Oberösterreich)

Zusätzlich zu den unterschiedlichen Abstiegsraten über die beiden FAHs, die v. a. auf die Lage des Einstiegs aus dem Oberwasser zurückgeführt werden, sind wesentliche artspezifische Unterschiede hinsichtlich Häufigkeiten auffällig. Zum Beispiel benutzten 87% aller registrierten abgewanderten Rußnasen die FAH zum Abstieg, während Perlfische, wie oben beschrieben, fast ausschließlich über das Wehr bzw. die Fischabstiegsklappe absteigen. Die Zurverfügungstellung mehrerer Abwanderkorridore deckt im besten Fall die Ansprüche aller im Planungsraum vorkommender Arten ab.

Auch an den beiden untersuchten Salzburger Kraftwerken wurden viele Abstiege über die FAHs registriert. Dort sind zahlreiche und mehrfache Auf- und Abstiege ein- und derselben Individuen belegt und es zeigt sich zusätzlich, dass Forellen unterschiedliche Abstiegsrouten wählten, nachdem sie immer wieder über die FAH aufgestiegen waren. Es entsteht der Eindruck, dass die Fische die unterschiedlichen Anlagenteile bzw. Wanderkorridore als Teile ihres Lebensraumes wahrnehmen, dass aber die FAH den zentralen Wanderkorridor darstellt. Betrachtet man nur die Abwanderung könnte das überströmte Wehr freilich der am häufigsten genutzte Korridor sein.

## **Generelle Schlussfolgerungen zum Abstieg über die FAH**

Fischaufstiegshilfen bieten einen bedeutenden Korridor, auch für den Fischabstieg. Daher gilt es, in Zukunft verstärkt in Betracht zu ziehen, die Auffindbarkeit dieses Korridors aus dem Oberwasser einer Anlage möglichst zu optimieren.

In manchen Situationen bietet sich die Möglichkeit, Fischaufstiegshilfe und Bypass für den Fischabstieg in einem Anlagenelement zu kombinieren. Ob diese Variante realisierbar ist, ist freilich von den räumlichen Gegebenheiten einer spezifischen Anlage abhängig, da es nicht in allen Situationen möglich sein wird, sowohl Einstieg als auch Ausstieg einer FAH direkt am Wanderhindernis zu platzieren. Überlegungen, wie ein oberwasserseitiger Einstieg in eine FAH situiert sein kann, um die FAH als Abstiegskorridor möglichst zu forcieren, sind aber jedenfalls anzustellen. Nachdem aufsteigende Fische über die FAH möglichst weit ins Oberwasser geführt werden sollen, ist ein Ausstieg nahe am Wehr - der wiederum hinsichtlich der Auffindbarkeit für Absteiger günstig wäre - nicht angeraten. Beide Funktionen (möglichst ideale Gestaltung der FAH und gleichzeitig effiziente Abstiegsmöglichkeit) könnten baulich so geschaffen werden, dass nahe des Wehres über eine zusätzliche Zuleitung (Dotation) zur FAH eine gut auffindbare Abstiegsmöglichkeit errichtet wird, die in die FAH einmündet. Die Kosten bzw. der Aufwand der Errichtung einer solchen Abstiegsmöglichkeit wären jedenfalls geringer als der Bau einer eigenen Abstiegshilfe.

Auch wenn Bypass und Fischaufstiegshilfe nicht kombiniert werden können, gilt es, den oberwasserseitigen Einstieg in eine FAH jedenfalls so zu gestalten, dass er möglichst gut auffindbar wird. Dazu können Leitstrukturen wie beispielsweise Leitrechen oder Tauchwände beitragen, die absteigende Fische in Richtung eines sicheren Korridors lenken, in diesem Fall zur FAH. In diesem Zusammenhang wird auch explizit auf die Variantenstudie im Rahmen der Konzeptstudie Murau hingewiesen.

## Fischabstieg über Restwasserdotationsbauwerke

Einen weiteren potentiellen Abstiegskorridor bieten Bauwerke, die ausschließlich der Dotation von Restwasser an Ausleitungskraftwerken dienen bzw. explizit zu diesem Zwecke errichtet wurden. Am Kraftwerk Riedmühle der Fallstudie Thaya konnte ein solcher Anlagenteil untersucht werden. Auch die Fallstudie an Fritzbach und Kleinarler Ache untersuchte Restwasserdotationsbauwerke, für die aber eine potentielle Eignung als Abstiegskorridor bereits in der Planung mitbedacht wurde (vgl. Seite 17).



Abbildung 8: Übersicht über die potentiellen Wanderkorridore (grün bzw. Turbinenabstieg rot) für absteigende Fische am Kraftwerk Riedmühle (Thaya). (Fotogrundlage: R. Bentz)

Unmittelbar vor der Ableitung der FAH wird am Wehr Riedmühle zusätzliches Restwasser über eine Schwelle abgegeben (Abbildung 8). Obwohl diese Schwelle während der Untersuchungen nur flach überströmt war, nutzten ca. 22% aller als Absteiger registrierten Fische dieses Dotierbauwerk. Gemeinsam mit den Absteigern über die FAH nutzen mehr als 50% aller Fische diese beiden Korridore, obwohl im Untersuchungszeitraum nur etwa 17% des Abflusses über die beiden Bauwerke abgegeben wurden. Die hohe Effizienz der Wehrdotation und auch der FAH ergibt sich v. a. durch die Lage und damit gegebenen guten Auffindbarkeit der beiden Korridore am Beginn des Triebwasserkanals. Die Untersuchungen und detaillierten Messungen der dortigen Strömungsverhältnisse lassen außerdem den Schluss zu, dass durch einfache Adaptierungen des Dotationsbauwerks die Funktionalität der Wehrdotation als Abstiegskorridor noch deutlich gesteigert werden könnte.

## 4 Fazit

Alle rezent vorkommenden heimischen Fischarten sind so genannte potamodrome Arten und wandern demzufolge ausschließlich innerhalb von Flusssystemen bzw. zwischen Seen und Fließgewässern. Wanderungen zu bestimmten Lebensräumen treten bei allen Arten auf, sind aber in ihrem Ausmaß und ihrer Bedeutung je nach Fischart unterschiedlich stark ausgeprägt. Besonders die dabei zurückgelegten Distanzen sind je Art bzw. Wandergilde verschieden und für viele Arten bis dato nur sehr wenig erforscht. Es ist aus Sicht der Autoren jedenfalls anzuraten, Arten bzw. deren Wanderverhalten nicht starr nach dem Einteilungsschema in Kurz-, Mittel- und Langstreckenwanderern zu beurteilen, sondern jedenfalls mögliche Abweichungen davon in Betracht zu ziehen. Die große Mehrheit der Kleinwasserkraftwerke Österreichs ist an Gewässern der Forellen-, Äschen- und Barbenregion situiert. Während Bachforellen, besonders wenn sie Oberläufe besiedeln, eher kurze Strecken (wenige Kilometer) wandern, erhöhen sich die typischen Wanderungsdistanzen der Leitarten flussab der Forellenregion (Äsche bzw. Nase und Barbe) und die damit verbundenen Ansprüche hinsichtlich eines offenen Gewässerkontinuums in Richtung der Unterläufe. Außerdem werden die Ansprüche, aufgrund des vielfältigeren Artenspektrums im Längsverlauf, diverser.

Wanderdistanzen sind auch immer mit Habitatverfügbarkeit verknüpft. Zum Beispiel werden Bachforellen aus kleinen Gewässern mit zunehmendem Wachstum in größere Gewässer abwandern, um neue Nahrungsquellen zu erschließen. Dadurch gelangen sie möglicherweise in Flussabschnitte, die weit von ihrem Geburtsgewässer entfernt sein können. Wandern diese Tiere zum Laichen zurück an den Ort ihrer Geburt (homing), können auch bei der Forelle Wanderungen über längere Distanzen auftreten. Aber auch umgekehrt kann es sein, dass alle von einer Art benötigten Teillebensräume auf kurzen Abschnitten verfügbar sind und zum Erhalt einer funktionsfähigen Population kürzere Wanderungen ausgeführt werden, als dies für dieselbe Art sonst üblich/typisch ist.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts wurde versucht, an den Anlagen der Fallstudien möglichst alle Wanderkorridore umfassend/quantitativ mittels fischökologischer Methoden zu untersuchen. Die Passage von abwandernden Fischen durch die Turbine und die dabei auftretenden Verletzungs- bzw. Mortalitätsraten konnte allerdings nur an einem Kraftwerk an der Thaya erhoben werden. Aus den Ergebnissen der Fallstudien können zusammenfassend folgende wesentliche Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Alle potentiell verfügbaren Korridore – Turbine, Restwasserdotierbauwerke, Fischabstiegshilfen, Fischaufstiegshilfen und Wehrüberläufe – werden auch für den Fischabstieg angenommen.
- Um das Fischabstiegsgeschehen und die dabei potentiell auftretenden Schädigungen an Fischen umfassend zu erheben bzw. beurteilen zu können, sollten aus Sicht der Autoren alle Korridore betrachtet werden. Untersuchungen einzelner Korridore werden als wenig zweckmäßig eingestuft, da dabei immer nur Teilaspekte betrachtet werden können.
- Das Projekt hat gezeigt, dass v. a. mit telemetrischen Methoden (PIT-Tags und Radiotelemetrie) aussagekräftige Ergebnisse generiert und Wanderrouten nachvollzogen werden können.
- Zusätzlich ist es aber jedenfalls unbedingt erforderlich, den Fischbestand und damit das Potential wanderwilliger Fische im Nahbereich der Anlagen zu erheben, um das Ausmaß von Wanderungen im Kontext des Fischvorkommens realistisch einschätzen zu können.
- Die Bedeutung der verschiedenen Korridore für unterschiedliche Arten bzw. Altersstadien kann an unterschiedlichen Standorten erheblich abweichen und wird wohl auch zukünftig im Einzelfall betrachtet werden müssen; Analogieschlüsse sind nur bedingt möglich. Insgesamt ist nach wie vor großer Forschungsbedarf gegeben, denn sowohl fischökologisch wie auch technisch bestehen weiterhin große Wissensdefizite.
- Insbesondere Fallstudien in der Äschenregion bzw. Verhaltensstudien zur Äsche, einer in mittelgroßen Flüssen Österreichs weit verbreiteten und bedeutenden Fischart, sollten in den nächsten Jahren jedenfalls durchgeführt werden. Die Konzeptstudie Murau zeigt individuelle Lösungsansätze hinsichtlich der Abstiegsproblematik an einer Bestandsanlage auf. Die Ausarbeitung eines konkreten Umsetzungsprojekts, begleitet von einem entsprechenden fischökologischen Monitoringprogramm könnte einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, den Kenntnisstand in der Äschenregion zu erweitern.
- Das Monitoring an der Thaya hat gezeigt, dass mehr als 90% der dort abwandernden Fische das Unterwasser sicher erreichen. In der Turbine verletzte bzw. getötete Fische waren durchwegs Klein- und Jungfische. Die Auswirkungen auf die Fischbestände und folglich auch den fischökologischen Zustand dieses Thayaabschnitts sind zumindest für die Untersuchungsperiode als vernachlässigbar einzustufen, da im Monitoring vor allem Kleinfischarten mit relativ hohen Bestandsdichten über die Turbine abwanderten, deren Fehlen sich im Bewertungsschema des Fisch Index Austria nicht auswirkt. Dieses Ergebnis erlaubt aber keine allgemeingültige Aussage für andere Standorte und schon gar nicht andere Gewässer der Barbenregion. Die Wandermöglichkeiten bzw. das Wanderverhalten von Populationen potamodromer Arten sind vielfach durch die jahrzehntelange anthropogene Nutzung und die dabei errichteten Zäsuren geprägt und verändert worden. Mit voranschreitender Sanierung der Durchgängigkeit hinsichtlich des Fischaufstieges und dabei möglich werdender (Re-)Etablierung ausgedehnter

Wanderbewegungen, wird auch das Thema Fischschutz und Fischabstieg zunehmend bedeutender werden.

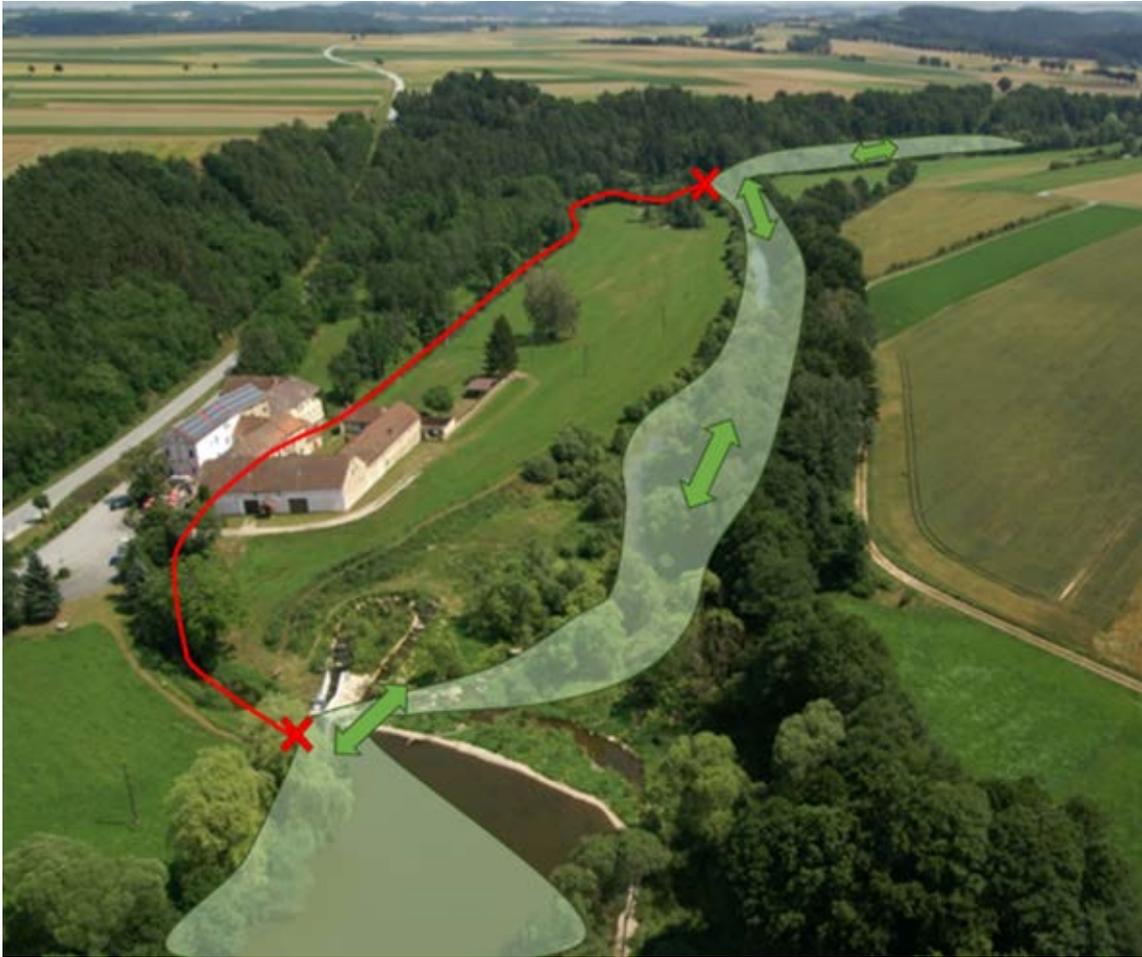


Abbildung 9: Schematische Darstellung eines optimierten Fischschutzes am KW Riedmühle (Thaya). Kraftwerk und Fluss werden dabei voneinander isoliert. (Fotogrundlage: R. Bentz)

- Übergeordnetes Ziel im Zusammenhang von Fischschutz und Fischabstieg bleibt aber jedenfalls, risikobehaftete Korridore – v. a. Triebwasserwege bzw. Turbinenzuläufe – gegen das Einwandern bestmöglich abzusichern. Abbildung 9 illustriert am Beispiel der Riedmühle, dass eine Einwanderung in den Triebwasserkanal mittels Fischschutzrechen bereits am Wehr verhindert werden könnte. Durch eine zweite Abweissvorrichtung am unterwasserseitigen Ende des Triebwasserweges könnte die Kraftwerksanlage faktisch von Fluss abgetrennt werden. In Kombination dieser Maßnahmen und bei gleichzeitiger und fischökologisch optimierter Bereitstellung alternativer Wanderkorridore (z. B. Wehrüberlauf, Wehrdotations, FAH) können Fischwanderungen und Kraftwerk bestmöglich voneinander isoliert werden.

- Generell sollten bestehende potentielle Korridore an Kraftwerken für den Fischabstieg attraktiviert und optimiert werden, bevor eigene Fischabstiegshilfen angedacht werden. Freilich wird es an zahlreichen Standorten auch nötig werden, dezidierte Fischabstiegshilfen zu errichten, um eine sichere Fischabstiegsmöglichkeit zu schaffen.

Letztendlich sind Wanderungen – sowohl flussauf, flussab als auch lateral – ein wesentlicher Bestandteil im Lebenszyklus aller heimischen Fischarten. Abwärts gerichtete Wanderungen treten dabei jedenfalls auch außerhalb der Laichzeiten im nahezu gesamten Jahreszyklus auf. Zum Teil wandern Fische sogar mehrfach innerhalb eines Tages über Wehre auf und wieder ab. Dass diese Wanderbewegungen möglichst sicher und weitgehend ohne Risiko unternommen werden können, erfordert funktionierende Fischschutzeinrichtungen und die ganzjährige Verfügbarkeit sicherer Wanderkorridore. Wenn das Schädigungspotential einer Kraftwerksanlage möglichst reduziert bzw. geringgehalten wird, können negative Auswirkungen auf das übergeordnete Umweltziel (guter ökologischer Zustand bzw. gutes ökologisches Potential) weitestgehend vermieden werden. Zukünftige Planungen, die auf die Bereitstellung funktionsfähiger Korridore für die Fischwanderung (sowohl Auf- als auch Abstieg) abzielen, erfordern jedenfalls eine möglichst gesamtheitliche Betrachtung von KW-Anlagen. Ein holistischer Planungsprozess zu Lage und Dotation potentieller Wanderkorridore sowie die Möglichkeiten zur Kombination von FAH und Fischabstieg, unter Berücksichtigung von Ausbaudurchfluss, Hydrologie, Überwassersituationen, Restwasserdotation, Turbinentyp etc. bietet jedenfalls Chancen, potentielle Synergien bestmöglich zu nutzen und ist daher nicht nur ökologisch höchst relevant, sondern auch aus ökonomischen Gesichtspunkten dringend anzuraten.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Längenverteilung (Boxplots) für einzelne Fischarten, die am Kraftwerk Riedmühle den Feinrechen und die Turbine passierten. Die strichlierte Linie zeigt jene Fischlänge an (160 mm), ab der der Feinrechen eine physikalische Barriere für den Fisch darstellt und somit effektiver Fischschutz gewährleistet ist.	11
Abbildung 2: Fischabstiegshilfen an den Wehranlagen der Kraftwerke Fritzbach (links) und Kleinarler Ache (rechts). In beiden Fällen fungieren die Klappen auch als Restwasserdotationsbauwerke.	18
Abbildung 3: Abstiegsanlagen an den Kraftwerken Laganda (links) und Ebewe (Mitte und rechts) in der Seeache.	19
Abbildung 4: Fischabstiegsanlage am Kraftwerk Riedmühle an der Thaya. Die Öffnungen zur Bypassleitung sind flussauf versetzt vom Feinrechen angebracht. Oberflächlich dient eine Tauchwand, am Boden ein Betonsockel als Leiteinrichtung. (Fotos: R. Bentz)	20
Abbildung 5: Positionierung der Abstiegsklappen am Fritzbach (links) und Kleinarler Ache (rechts).	22
Abbildung 6: Wehrfeld bei geringem Wehrüberlauf sowie Fischabstiegsklappe (links) des KW Ebewe. Im Unterwasser des Wehrfeldes sind die Steinschichtungen zur Absicherung der Wehranlage zu erkennen. (Foto: K. Pinter)	25
Abbildung 7: Wanderkorridore für absteigende Fische an der Anlage Laganda (links) und Ebewe (rechts). In Rot ist der Abwanderkorridor über die Turbine angegeben, in Grün weitere Korridore, wobei über das Wehrfeld nur bei erhöhtem Wasserstand abgewandert werden kann und der sichere Abstieg über diesen Korridor aufgrund des Fehlens eines Tosbeckens an den beiden beschriebenen Anlagen nicht gewährleistet ist. (Bildgrundlage: DORIS –Geodateninformationssystem Land Oberösterreich)	26
Abbildung 8: Übersicht über die potentiellen Wanderkorridore (grün bzw. Turbinenabstieg rot) für absteigende Fische am Kraftwerk Riedmühle (Thaya). (Fotogrundlage: R. Bentz)	29
Abbildung 9: Schematische Darstellung eines optimierten Fischschutzes am KW Riedmühle (Thaya). Kraftwerk und Fluss werden dabei voneinander isoliert. (Fotogrundlage: R. Bentz)	32

## Literaturverzeichnis

**BMLFUW** (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 102 Seiten

**Ebel G., Gluch A., & Kehl M.** (2015a) Einsatz des Leitrechen-Bypass-Systems nach Ebel, Gluch & Kehl an Wasserkraftanlagen - Grundlagen, Erfahrungen und Perspektiven. *WasserWirtschaft*, **7–8**, 44–50.

**Ebel G.** (2018): Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. *Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie* **4**, 483 S.

**Habersack, H., Wagner, B., Hauer, C. & Jäger, E.** (2012): Wasserkraft in Österreich - aktueller Bestand und Decision Support System (DSS WASSERKRAFT) *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, **56.JG**, 64/5-6, 336-343; ISSN 0945-358

**Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus**

Stubenring 1, 1010 Wien

[bmnt.gv.at](https://www.bmnt.gv.at)