

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen



20. Dezember 2016

Arbeitsgemeinschaft Handbuch Wirkungskontrollen Fischgängigkeit



FISCHWERK WERNER DÖNNI
FISCHBIOLOGIE • GEWÄSSERÖKOLOGIE • GEOINFORMATIK
NEUSTADTSTRASSE 7, 6003 LUZERN
T 041 210 20 15
INFO@FISCHWERK.CH
WWW.FISCHWERK.CH



Büro für Gewässerökologie
und Wassertechnik

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Abteilung Wasser

3003 Bern

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

Auftragnehmer, Autoren

Aquarius GmbH

Claudia Zaugg

Weiheracher 14

3253 Schnottwil

Tel. +41 32 351 36 46

info@netaquarius.ch

www.netaquarius.ch

AquaPlus AG

Lukas Boller

Gotthardstrasse 30

6300 Zug

Tel. +41 41 729 30 00

lukas.boller@aquaplus.ch

www.aquaplus.ch

Fischwerk

Dr. Werner Dönni

Neustadtstrasse 7

6003 Luzern

Tel. +41 41 210 20 15

werner.doenni@fischwerk.ch

www.fischwerk.ch

Aquatica GmbH

Dr. Joachim Guthruf

Hängertstrasse 13g

3114 Wichtrach

Tel. +41 31 781 49 40

info@aquatica-gmbh.ch

Projektleitung

Martin Huber Gysi, BAUFU, Abt. Arten, Ökosysteme, Landschaften, Bern

Claudia Zaugg, Aquarius, Schnottwil

Begleitgruppe

Thomas Ammann, WWF Schweiz

Lukas Bammatter, BAUFU, Abt. Arten, Ökosysteme, Landschaften, Bern

David Bittner, Sektion Jagd und Fischerei Kanton Aargau

Carl Robert Kriewitz, BKW Energie AG, Bern

Lucie Lundsgaard-Hansen, BAUFU, Abt. Wasser, Bern

Ricardo Mendez, Axpo Power AG, Baden

Marcel Michel, Amt für Jagd und Fischerei Kanton Graubünden

Armin Peter, FishConsulting, Olten

Ueli Rippmann, Aqua Viva, Schaffhausen

Jean-Daniel Wicky, Fischereiverwaltung Kanton Freiburg

Titelbild

Fotos Aquarius

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.

1. EINLEITUNG

Aufgrund der Revision des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) werden in den nächsten Jahren gemäss aktuellem Stand der Planung schweizweit über 670 kraftwerksbedingte Fischaufstiegs- und über 720 Fischabstiegshindernisse saniert werden. Hinsichtlich der Erfolgskontrolle von Fischwanderhilfen und Fischabstiegsanlagen sind in der Schweiz bisher keine einheitlichen Standards für anzuwendende Methoden, Untersuchungsdauer, Bewertungen etc. vorhanden. Das BAFU hat deshalb ein Handbuch zur Wirkungskontrolle von Fischaufstiegshilfen (FAuH) und Fischabstiegshilfen (FAbH) in Auftrag gegeben, welches detailliert auf die entsprechenden Problemkreise eingehen und in regelmässigen Abständen dem neusten Stand des Wissens angepasst wird. Da ein solches Handbuch breit abgestützt werden muss und die verschiedenen in der Schweiz vorkommenden Situationen einbeziehen soll, wird es erst im Jahr 2017 erscheinen.

Da jedoch seitens der Kantone, der Kraftwerke und der ausführenden Büros ein dringender Wunsch besteht, möglichst schnell Angaben über den angemessenen Umfang derartiger Wirkungskontrollen zur Verfügung zu haben, wurde in einem ersten Schritt die vorliegende Praxishilfe erarbeitet. Sie soll dem Nutzer übersichtsartig aufzeigen, wie solche Untersuchungen durchzuführen sind und welche Minimalanforderungen zu erfüllen bzw. in welchen Fällen weitergehende Untersuchungen angebracht sind. Es handelt sich dabei nicht um ein „hartes“ Tool, welches genaue Vorgehen vorschreibt. Vielmehr definiert es Richtlinien, mit deren Hilfe die vorgesehenen Wirkungskontrollen effektiv und gesetzeskonform ausgeführt werden können. Dies führt gleichzeitig auch zu einer grösseren Vergleichbarkeit der erhaltenen Daten.

Die vorliegende Praxishilfe sowie das Handbuch sind mit dem Gesamtmonitoringkonzept der Renaturierung der Gewässer der Schweiz („Monitoring Big Picture“) abgestimmt. Die wesentlichen Bestandteile werden in die geplante, überarbeitete Version der Checkliste Best Practice integriert und periodisch aktualisiert.

Definitionen gemäss Monitoring Big Picture:

Die **Erfolgskontrolle** umfasst die Umsetzungskontrolle und die Wirkungskontrolle.

Bei der **Umsetzungskontrolle** wird der Stand der Umsetzung der Aufgaben aus der Massnahmenplanung erfasst.

Bei der **Wirkungskontrolle** wird untersucht, ob die ausgeführten Massnahmen die gewünschte Wirkung zeigen, und ob die geplanten Verbesserungen herbeigeführt werden konnten.

Bei der Wirkungskontrolle für Fischwanderhilfen wird zwischen einer technischen und einer biologischen Wirkungskontrolle unterschieden.

2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Gemäss Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei prüfen die Inhaber von Wasserkraftwerken nach Anordnung der Behörde die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen¹. Diese Wirkungskontrolle ist integraler Bestandteil der Massnahmenplanung und ist bei der Projektierung und der Kostenschätzung einzubeziehen. Die Kosten für die Planung und Durchführung der Erfolgskontrolle werden entschädigt². Anrechenbar sind dabei Kosten, die tatsächlich entstanden sind und unmittelbar für die wirtschaftliche und zweckmässige Ausführung der Massnahmen erforderlich sind³. Dabei gilt das Verhältnismässigkeitsprinzip. Sollten Wirkungskontrollen zeigen, dass mit der FAuH und/oder der FAbH die festgelegten Ziele

¹ VBGF, Art. 9c, Abs. 3 (Umsetzung der Massnahmen bei Wasserkraftwerken)

² EnV, Anhang 1.7, Art. 17 d

³ BGF, Art. 10

(s. Kap. 5) nicht erreicht werden, können vom Kanton zusätzliche Massnahmen verfügt werden. In diesem Fall kann der Kraftwerksinhaber wiederum ein Gesuch um Kostenentschädigung nach EnV stellen. Die Kantone erstatten dem Bund alle vier Jahre Bericht über durchgeführte Massnahmen, erstmalig Ende 2018.

3. ABLAUF VON DER PLANUNG BIS ZUM DEFINITIVEN BETRIEB

Während der Planung müssen hinsichtlich der Erfolgskontrolle verschiedene Aspekte berücksichtigt werden (Abb. 1):

- Bereits bei der Planung sind ein Unterhaltskonzept sowie ein Konzept für die Wirkungskontrolle auszuarbeiten und zusammen mit dem Finanzierungsgesuch einzureichen (-> [Handbuch](#)).
- Vor der Bauabnahme durch den Kanton ist eine technische Wirkungskontrolle⁴ des Bauwerks durchzuführen (-> [Handbuch](#)).
- Allfällige Defizite müssen auf allen Stufen behoben werden. Erst nach Überprüfung entsprechender Massnahmen darf zum nächsten Bearbeitungsschritt übergegangen werden.
- Während des gesamten Betriebs der Anlage muss ein Unterhalt gemäss Unterhaltskonzept ausgeführt werden.

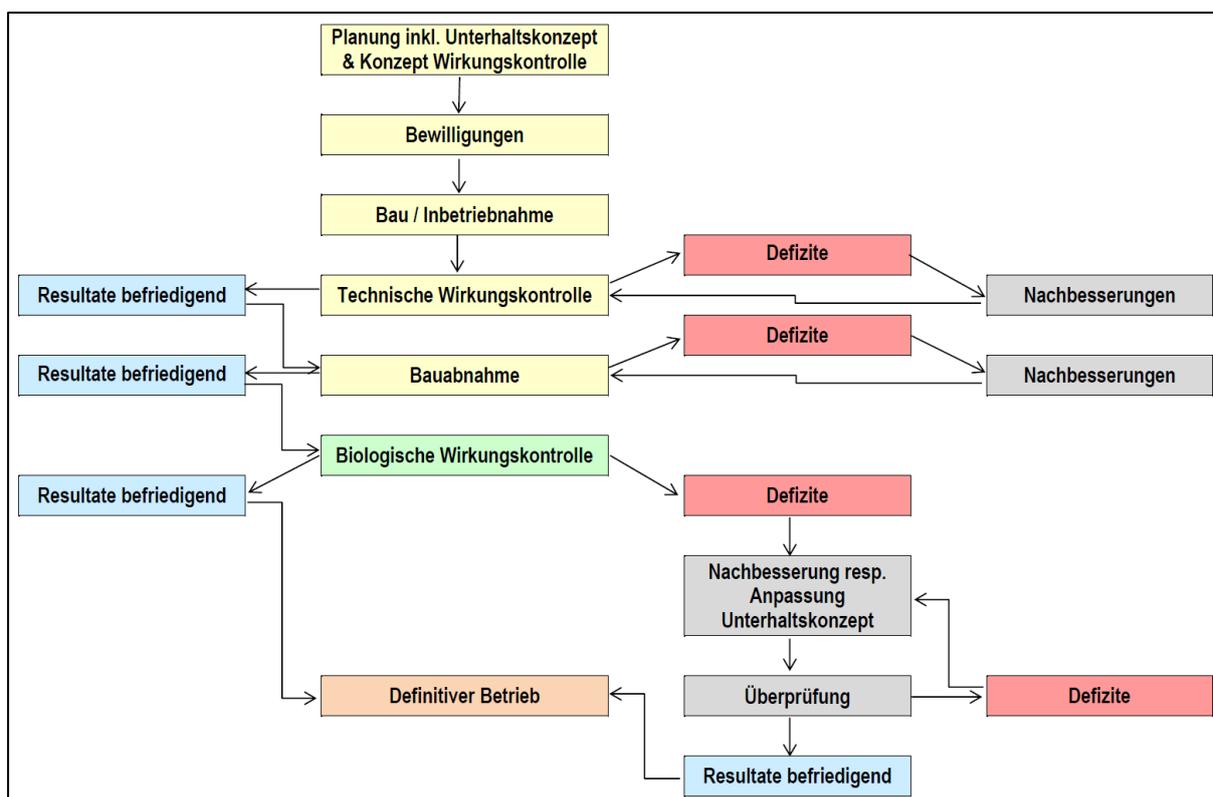


Abb. 1: Planungsablauf beim Bau von Fischwanderhilfen

Die Resultate dieser Überprüfung sind in einem Kurzbericht zuhanden der Vollzugsbehörden zu dokumentieren. Bei Bedarf kann damit auch das Unterhaltskonzept ergänzt werden.

Insbesondere bei naturnahen Bauwerken ist mit Veränderungen zu rechnen (z.B. Verschieben von Blöcken, Ablagerung von Feinsedimenten). In solchen Fällen müssen technische Kontrollen nicht nur kurz nach Inbetriebnahme, sondern – in Abhängigkeit des Unterhaltskonzepts und der erhaltenen Resultate der Erstkontrolle – auch während des Betriebs der Anlage durchgeführt werden.

⁴ oft als technische Funktionskontrolle bezeichnet



Abb. 2: Insbesondere in naturnahen Anlagen muss überprüft werden, ob die geforderten Werte auch während des Betriebs eingehalten werden (links). Bei Abstiegsanlagen kann anhand einfacher Untersuchungen festgestellt werden, ob z.B. Sohleitrinnen ihre Funktion noch erfüllen (rechts) (Aquarius)

- ⇒ Ein Unterhaltskonzept sowie ein Konzept für die Wirkungskontrolle müssen bereits bei der Planung der Anlage erarbeitet werden.
- ⇒ Es muss in jedem Fall eine technische Wirkungskontrolle zur Überprüfung kritischer Parameter durchgeführt werden. Diese Überprüfung muss vor der Bauabnahme und im Falle möglicher Veränderungen der Anlage auch während des Betriebs erfolgen.
- ⇒ Allfällige Defizite müssen nach jedem Bearbeitungsschritt behoben werden. Allenfalls ist auch das Unterhaltskonzept anzupassen.

4. NOTWENDIGKEIT VON WIRKUNGSKONTROLLEN

Grundsätzlich ist für jede sanierte Anlage eine technische und eine biologische Wirkungskontrolle (Art und Umfang s. Kap. 6 und 7) durchzuführen. Ein Konzept für solche Wirkungskontrollen muss zusammen mit dem Finanzierungsgesuch beim Kanton eingereicht werden. Es muss alle wichtigen Angaben enthalten, damit die Behörden Art, Umfang und Notwendigkeit der vorgesehenen Untersuchungen nachvollziehen können.

Die technische Wirkungskontrolle prüft bei FAuH insbesondere, ob die errechneten Grenzwerte für das Bauwerk eingehalten werden (u.a. Fliessgeschwindigkeiten, Höhenunterschiede zwischen Becken, Leitströmung, Dotation). Bei FAbH prüft sie – neben dem Einhalten von Grenzwerten (z.B. Fliessgeschwindigkeiten vor dem Rechen und im Bypass) – beispielsweise, ob allfällige Sohleitrinnen nicht mit Feinsediment bedeckt sind und Bypässe keine Stellen aufweisen, an denen absteigende Fische verletzt werden.

Eine technische Wirkungskontrolle ist **immer** durchzuführen. In begründeten Fällen kann auf biologische Wirkungskontrollen verzichtet werden. Die Gründe für einen Verzicht müssen ebenfalls nachvollziehbar dargestellt und zusammen mit dem Finanzierungsgesuch eingereicht werden. Den Behörden bleibt es vorbehalten, eine biologische Wirkungskontrolle zu verlangen.

In folgenden Fällen kann allenfalls auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden (-> [Handbuch](#); die genaue Begründung des Verzichts ist im Gesuch aufzuführen):

- Bei einem Schlitzpass, der gemäss heutigem Stand der Technik gebaut worden ist. Dies trifft insbesondere auf Anlagen zu, bei denen die gesamte Restwassermenge über den Fischpass abgeleitet wird oder von einer guten Auffindbarkeit ausgegangen wird.

- In kleinen, hoch gelegenen Gewässern ohne grosses ökologisches Potenzial (z.B. Fischbestand ausschliesslich auf Besatz beruhend, kleine Bestände) und mit reinem Bachforellenbestand, sofern überhaupt eine verhältnismässige Sanierungsmassnahme gefunden werden konnte⁵.
- Bei Blockrampen müssen keine biologischen Wirkungskontrollen betreffend Fischabstieg durchgeführt werden.
- Im Falle von rein mechanischen Fischschutzmassnahmen (z.B. Ersatz eines Rechens mit einem Rechen geringerer Stabweite, Optimierung der Fischabwanderung über das Wehr).

Bei Pilotanlagen und Sonderfällen müssen in jedem Fall biologische Wirkungskontrollen durchgeführt werden. Dabei bedeuten:

- **Pilotanlage:** Eine Fischaufstiegs- oder Fischabstiegshilfe gilt als Pilotanlage, falls die erhaltenen Resultate von grossem Interesse für andere Anlagen sind (z.B. neuartige Anlage ohne Erfahrungswerte). Kanton und BAFU definieren, ob eine Anlage als Pilotanlage einzustufen ist.
- **Sonderfall:** Aufgrund örtlicher Gegebenheiten wird es nicht immer möglich sein, dass alle Kennwerte einer Wanderhilfe dem neusten technischen Stand entsprechen. Wenn Zweifel bzgl. der Funktionalität eines solchen Bauwerkes vorhanden sind, ist die Anlage als Sonderfall einzustufen.

- ⇒ Grundsätzlich ist für jede sanierte Anlage eine technische und biologische Wirkungskontrolle durchzuführen. Ein entsprechendes Konzept muss zusammen mit dem Finanzierungsgesuch beim Kanton eingereicht werden.
- ⇒ In begründeten Fällen kann auf eine biologische Wirkungskontrolle verzichtet werden. Die Gründe dieses Verzichts müssen im Finanzierungsgesuch nachvollziehbar dargestellt werden.
- ⇒ Die Vollzugsbehörden sind befugt, an jeder (sanierten) Fischauf- und Fischabstiegshilfe biologische Wirkungskontrollen zu verfügen.

5. SANIERUNGSZIELE

Bei der Planung von biologischen Wirkungskontrollen müssen als Erstes die Sanierungsziele definiert werden. Sie geben später vor, was wann und wie untersucht werden soll. Die Sanierungsziele richten sich nach den Kriterien, welche die Funktionalität einer Fischwanderhilfe beschreiben (s. Tab. 1). Die Funktionalität wird über die Parameter Wirksamkeit, Leistungsfähigkeit und Selektivität definiert.

Untersuchungen zu sämtlichen möglichen Sanierungszielen sind im Allgemeinen nicht verhältnismässig. Je nach Standortsituation stehen andere Sanierungsziele im Fokus (-> [Handbuch](#)). Die weitaus meisten Fischwanderhilfen dürften folgenden Situationen zuzuordnen sein:

- Konventionelle Wanderhilfe (gebaut gemäss den aktuellen Kennwerten), kein Vorkommen von Mittel- und Langdistanzwanderern: Prüfung hinsichtlich der Auf- resp. Abstiegszahlen, der Selektivität und evtl. der Dauer des Aufstiegs.
- Konventionelle Wanderhilfe (gebaut gemäss den aktuellen Kennwerten), Vorkommen von Mittel- und Langdistanzwanderern: Zusätzlich Prüfung hinsichtlich der Auffindbarkeit und/oder Passierbarkeit
- Pilotanlage: Prüfung hinsichtlich aller Sanierungsziele.
- Sonderfall: Prüfung hinsichtlich jener Sanierungsziele, über die Zweifel bzgl. der Zielerfüllung bestehen.

⁵ Eine Sanierung ist nur verhältnismässig, wenn Massnahmen ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Dies wurde im Grundsatz bereits in der strategischen Planung geprüft (Hindernisse, für die eine Sanierung aufgrund zu hoher Kosten als unverhältnismässig beurteilt wurde, sollen keine Sanierungsverfügung erhalten). Ist die wesentliche Beeinträchtigung gegeben, besteht grundsätzlich Sanierungspflicht und eine Interessenabwägung findet nur hinsichtlich des Ausmasses der Massnahme statt. Auf eine Sanierung kann nur verzichtet werden, wenn keine verhältnismässige Massnahme gefunden werden kann.

6. BIOLOGISCHE WIRKUNGSKONTROLLEN FISCHAUFSTIEG

6.1 Methodenwahl

Es ist nicht zielführend, pro Massnahmen- oder Gewässertyp eine anzuwendende Methode sowie einen genauen Zeitraum für Fischaufstiegskontrollen vorzuschreiben, da dies von verschiedensten Parametern abhängig ist. Nachfolgend werden deshalb Überlegungen aufgeführt, anhand derer eruiert werden kann, welche Untersuchungen sich für einen bestimmten Standort/einen bestimmten Massnahmentyp am besten eignen. Die gewählte Untersuchungsmethode ist pro Anlage zu begründen; die Verhältnismässigkeit muss gewährleistet sein. Überlegungen zum Fischschutz sind in die Methodenwahl einzubeziehen.

Tab. 1: Definition der zu untersuchenden Fragestellung/Wahl einer Untersuchungsmethode für den Fischaufstieg (-> Handbuch)

Parameter	Kriterien	Methoden (nicht abschliessend)
Wirksamkeit	Anzahl aufsteigender Fische Dauer des Fischaufstiegs	Reuse, Zählbecken, Infrarot, Video, Resistivity Counter
Leistungsfähigkeit	Auffindbarkeit Passierbarkeit	Telemetry, PIT-Tagging, Fang-Wiederfang-Methoden, Sonarkamera
Selektivität	Artenselektivität Selektivität für grosse Fische Selektivität für kleine Fische Selektivität für spezifische ökologische Gilden (z.B. bodenorientierte Arten) Schwarmselektivität	Zählbecken, Reuse, Video, PIT-Tagging, Fang-Wiederfang-Methoden

Tab. 2: Fragenkatalog zur Evaluation einer dem Standort angemessenen Untersuchungsmethode für den Fischaufstieg

Potenzielles Fischartenspektrum?	Nur Bachforelle, grosses Artenspektrum, seltene Arten, benthische Arten.... – unterschiedliche Methoden (Arterkennung)
Ökologische Bedeutung Standort resp. vernetzter Bereich?	Je grösser das ökologische Potenzial, desto wichtiger ist die Wiederherstellung der Längsvernetzung und desto detaillierter soll die Funktionskontrolle erfolgen (Verhältnismässigkeitsprinzip)
Sonderfall?	Gezielte Untersuchungen notwendig, allenfalls mittels Spezialtechniken
Pilotanlage?	Überprüfung im Hinblick auf künftige analoge Anlagen
Grosser Geschwemmselanfall, starke Wassertrübung?	Limitierend für gewisse Methoden (z.B. engmaschige Reusen, Video)
Vorhandene Infrastruktur (Strom, Kran etc.)?	Limitierend für gewisse Methoden
Erreichbarkeit der Anlage?	Bei langem Anfahrtsweg / erschwertem Zugang (resp. keinem Zugang im Winter) keine täglichen/personalintensiven Kontrollen möglich; Methode muss wartungsarm sein
Isolierte oder koordinierte biologische Wirkungskontrolle (gleichzeitige Kontrollen an mehreren benachbarten Anlagen)?	Aussagekraft gewisser Methoden deutlich höher bei koordinierten Untersuchungen (z.B. PIT-Tagging)
Stehen lokale Hilfskräfte für die Untersuchungen zur Verfügung?	Voraussetzung für personal- und wartungsintensive Untersuchungsmethoden
Ist die Anlage denkmalgeschützt resp. befindet sie sich in einem landschaftlich intakten Gebiet?	Kontrollanlage muss allenfalls rückgebaut werden können
Wurden bei der Planung externe Rahmenbedingungen festgestellt, welche Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit haben können (z.B. wechselnde Oberwasserstände, Einleitungen oder massiver Feststoffeintrag)?	In der Planung identifizierte, wichtige externe Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen

Im Anhang werden die gängigsten Methoden beschrieben, die bei einem Grossteil der Aufstiegskontrollen resp. Anlagen angewandt werden können (weitere Methoden, Methoden für Spezialuntersuchungen -> [Handbuch](#)).

Je nach Sanierungsziel (Kap. 5) stehen unterschiedliche Methoden im Vordergrund (Tab. 1). Neben den zu prüfenden Sanierungszielen schränken weitere Randbedingungen die Methodenwahl ein (Tab. 2). In Abhängigkeit von der Fragestellung müssen somit unterschiedliche Methoden ausgewählt und allenfalls miteinander kombiniert werden. Grundsätzlich muss überlegt werden, ob an einem Standort manuelle Kontrollen vorgenommen oder aber automatisierte Verfahren eingesetzt werden sollen, da dieser Entscheid von grosser Kostenrelevanz sein kann.

Für die Auswertung der bei den biologischen Wirkungskontrollen erhaltenen Daten müssen zudem Informationen zum Fischbestand im Unterwasser und Oberwasser vorhanden sein:

- In watbaren Gewässern ist möglichst eine quantitative Elektrofischerei durchzuführen (-> [Handbuch](#)).
- Für nicht watbare Gewässer sind meist Angaben über potenziell vorkommende Arten vorhanden. Zusätzliche Abfischungen können bei Bedarf durchgeführt werden.

Anzuwendende Methoden für die Aufstiegskontrolle müssen bereits bei der Planung der Massnahme festgelegt werden, damit beim Bau allfällig notwendige Vorkehrungen getroffen werden können (z.B. Bau von Zählbecken, technische Vorbereitungen für PIT-Tagging).

6.2 Untersuchungszeitraum

Werden an benachbarten Anlagen biologische Wirkungskontrollen durchgeführt, sollen diese möglichst koordiniert und mit analogen Methoden erfolgen (Interpretier- und Vergleichbarkeit Resultate). Die Koordination ist Aufgabe der Kantone.

Aufstiegskontrollen müssen die Zeit der höchsten Wanderaktivität abdecken. Diese ist einerseits vom vorkommenden Artenspektrum abgänglich, andererseits auch von verschiedenen anderen Parametern wie Abfluss, Temperatur, Höhenlage, Besonderheiten des Standorts etc. Zudem können die Aktivitätszeiten von Jahr zu Jahr wechseln. Sie stehen einerseits im Zusammenhang mit Laichwanderungen, andererseits sind aber auch jahreszeitlich differenzierte Aufwanderungsaktivitäten bekannt, die unabhängig von der Reproduktionsphase sind. Es ist somit nicht möglich, allgemein gültige Standards aufzuführen. Der genaue Beginn der Untersuchungen muss zusammen mit Ortskennern (z.B. Fischereiaufsehern) festgelegt werden; eine Hilfestellung gibt Abb. 3.

6.3 Untersuchungsdauer

Es müssen genügend Daten vorhanden sein, damit die Frage der Funktionsfähigkeit einer Fischaufstiegs- hilfe beantwortet werden kann. Länger dauernde Untersuchungen sind kurzfristigen Ereignissen (wie Hochwässern, Hitzeperioden) oder von Jahr zu Jahr wechselnden Aufstiegszeiten deutlich weniger ausgeliefert und ermöglichen robustere Aussagen zur Funktionsfähigkeit einer Anlage (s. Abb. 3). Viele bisherige Untersuchungen zeigen, dass sich Fischwanderbewegungen in Abhängigkeit von externen Bedingungen innerhalb von kurzer Zeit, bzw. von Tag zu Tag, um mehrere Grössenordnungen verändern können.

6.3.1 Zählbecken, Reusen

Zählungen mittels Zählbecken oder Reusen sind im Allgemeinen zeit- und personalintensiv; es ist somit ein möglichst effektives Aufwand/Nutzen-Verhältnis anzustreben. Biologische Wirkungskontrollen werden vor den erwarteten maximalen Aufstiegsaktivitäten gestartet und mindestens während der in Abb. 3

definierten Dauer durchgeführt. Kontrollen mittels Reusen oder Zählbecken sind während der gesamten Kontrolldauer nach Möglichkeit täglich vorzunehmen.

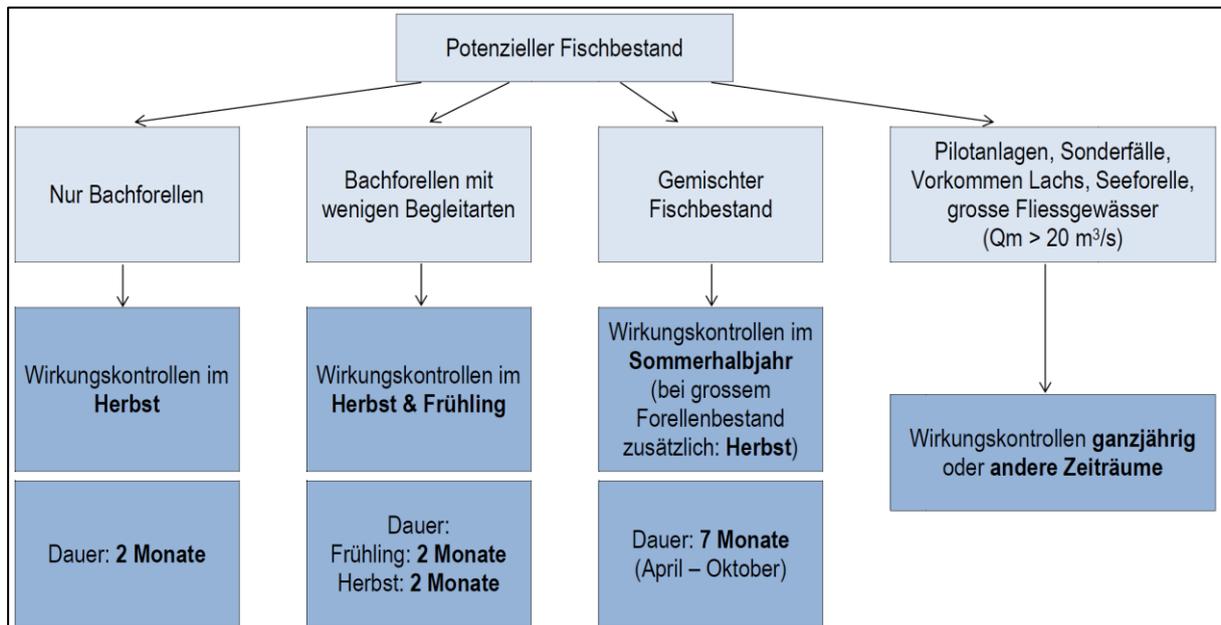


Abb. 3: Entscheidungshilfe für das Festlegen von Untersuchungszeitraum und -dauer für Fischaufstiegskontrollen (Minimaluntersuchungen)

6.3.2 Video, PIT-Tagging, Infrarotscanner, Fang-Wiederfang

Wird mit Video, PIT-Tagging oder Infrarot gearbeitet, ist eine deutlich längere Untersuchungsperiode möglich, da sie nicht den kostentreibenden Faktor darstellt. Dies hängt von der zu beantwortenden Fragestellung ab. Fang-/Wiederfang-Versuche finden an definierten Zeitpunkten statt (meist 2-3 Abfischungskampagnen).

Bei Pilotanlagen können in Absprache mit den Vollzugsbehörden weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden, sofern sie zu einem Erkenntnisgewinn für andere Anlagen führen.

Biologische Wirkungskontrollen Fischaufstieg:

- ⇒ In einem ersten Schritt muss abgeklärt werden, welche Fragestellungen aufgrund der Sanierungsziele mit der biologischen Wirkungskontrolle beantwortet werden müssen. Anhand der Tabellen 1 und 2 wird entschieden, welche Methoden sich für die Untersuchung am besten eignen.
- ⇒ Der Untersuchungszeitraum hängt von der zu untersuchenden Fragestellung, insbesondere aber vom Fischartenspektrum ab; die Untersuchungen müssen die Zeiten grösster Aufwanderaktivität abdecken.

7. BIOLOGISCHE WIRKUNGSKONTROLLEN FISCHABSTIEG

Im Vergleich zum Fischaufstieg wurden bisher verhältnismässig wenige Untersuchungen zum Fischschutz und Fischabstieg durchgeführt; entsprechend gross sind die diesbezüglichen Wissenslücken. Nachfolgend werden Empfehlungen gemäss heutigem Wissensstand aufgeführt. Diese Empfehlungen werden einerseits im Handbuch, andererseits aber auch in späteren Publikationen (u.a. Aktualisierung Checkliste Best Practice) laufend verfeinert und aktualisiert werden.

7.1 Methodenwahl

Abhängig vom Sanierungsziel sowie aufgrund der anlagebedingten Situation wird eine entsprechende Methode resp. eine Kombination von Methoden ausgewählt (Tab. 3 bzw. 4).

Es sei darauf hingewiesen, dass Methoden zur Untersuchung des Fischabstiegs normalerweise deutlich arbeitsintensiver sind als jene für Aufstiegskontrollen: Während Zählbecken und Reusen beim Fischaufstieg meist einmal pro Tag kontrolliert werden, müssen Reusen/Hamen und andere Geräte beim Fischabstieg je nach Situation (Fließgeschwindigkeit, Geschwemmselanfall etc.) und aufgrund der potenziellen Verletzungsgefahr für Fische oft mehrere Male pro Tag geleert werden (Beispiel Kleinwasserkraftwerk Stropfel der Axpo Kleinwasserkraft AG: alle 30 Minuten). Zudem müssen teilweise mehrere Abstiegswege überwacht werden (Bypass, Turbine, Wehr). Je nach Art des Gerätes bergen diese Kontrollen zudem gewisse Risiken für das Personal, erfordern körperliche Fitness (schwere Fanggeräte) und müssen allenfalls auch nachts durchgeführt werden.

In Anhang 2 werden die gängigsten Methoden beschrieben, die für einen Grossteil von Abstiegskontrollen resp. Anlagen verwendet werden (weitere Methoden -> [Handbuch](#)). Dabei müssen insbesondere die Fanggeräte zum Erheben abgestiegener Fische der jeweiligen Anlage angepasst und individuell angefertigt werden, damit sie einerseits leicht handelbar sind und andererseits keine Verletzungen an Fischen verursachen (z.B. Reusen).

Tab. 3: Definition der zu untersuchenden Fragestellung/Wahl einer Untersuchungsmethode für den Fischabstieg (-> [Handbuch](#))

Parameter	Kriterien	Methoden (nicht abschliessend)
Wirksamkeit (Schutz)	Abwanderung durch Turbine (sofern die Turbine als Abstiegsweg dienen soll bzw. ein Ersatz der Turbine geplant ist)	Fangvorrichtung unterhalb Turbine (Hamen) ⇒ Aussagen bzgl. Schutzfunktion Rechen ⇒ Aussagen bzgl. Überlebensraten
	Wirksamkeit von Fein-/Leitrechen	Didson, Video
	Abwanderung über Abstiegsvorrichtung, Dauer des Fischabstiegs	Fangvorrichtung unterhalb Abstiegsweg (Hamen, Fangkorb, Reusen, Zählkammer), Zählssysteme (PIT-Tagging)
Leistungsfähigkeit	Auffindbarkeit	Didson/Video im Bereich Rechen & Einstieg Abstiegsweg, allenfalls weitergehende Techniken wie Telemetrie
	Passierbarkeit: - Verletzungen durch Leit-/Feinrechen - Verletzungen bei Passage Abstiegsvorrichtung - Verletzung aufgrund Fangvorrichtung - Ermittlung verzögerter Mortalität	- Untersuchung Rechengut, Video - Fangvorrichtung (Hamen, Fangkorb, Zählkammer) - Einbringen von Fischen in Fangvorrichtung (Versuch vor dem eigentlichen Monitoring) - Hälterungsbecken
Selektivität	Artenselektivität Selektivität für grosse Fische Selektivität für kleine Fische Selektivität für spezifische ökologische Gilden (z.B. bodenorientierte Arten) Selektivität der Wanderkorridore	Fangvorrichtung unterhalb Abstiegsweg (Hamen, Fangkorb, Reusen, Zählkammer), Zählssysteme (PIT-Tagging)

Tab. 4: Fragenkatalog zur Evaluation einer dem Standort angemessenen Untersuchungsmethode für den Fischabstieg

Was muss untersucht werden?	Fischschutz, Fischabstieg, allfällige Verletzungen, Auffinden Abstiegswege....
Potenzielles Fischartenspektrum?	Methode/Ausgestaltung Fangvorrichtung abhängig von vorkommenden Arten (z.B. Aal, Kleinfischarten, Seeforelle/Lachs)
Ökologische Bedeutung Standort bzgl. Fischabstieg?	z.B. Vorkommen Lang- und Mitteldistanzwanderer, Kraftwerksketten: Hohe Zielsetzungen, allenfalls Kombination verschiedener Methoden
Sonderfall oder Pilotanlage?	Spezifische Untersuchungen notwendig, allenfalls Kombination verschiedener Methoden (neben Fischabstieg Untersuchungen bzgl. Schutz, Auffindbarkeit etc.)
Grosser Geschwemmselanfall, starke Wassertrübung?	Limitierend für gewisse Methoden (z.B. engmaschige Hamen und Fangkörbe, Video)
Vorhandene Infrastruktur?	Strom, Kran, Plattformen, etc. – muss bei der Planung berücksichtigt und evtl. speziell eingerichtet werden
Erreichbarkeit der Anlage?	Bei schwer zugänglichen Anlagen personalarme und leicht handelbare Methoden bevorzugen
Handelbarkeit Methode?	Anbringen / Bedienung Hamen / Netz muss gewährleistet sein; Vorrichtungen müssen in Notsituationen/bei Spülungen/Hochwasserfall rasch entfernt werden können
Isolierte oder koordinierte Wirkungskontrolle?	Gewählte Methode abhängig von Fragestellung (z.B. Verfolgen Fischabstieg über mehrere Anlagen mit PIT-Tagging, Accoustic-Tagging oder Radio-Telemetrie), evtl. in Kombination mit spezifischen Untersuchungen [z.B. bzgl. Verletzungen] an einzelnen Anlagen)
Stehen lokale Hilfskräfte für die Untersuchungen zur Verfügung?	Manuelle Methoden: Abstiegskontrollen im Normalfall deutlich personal- und zeintensiver als Aufstiegskontrollen; grösseres Gefahrenpotenzial beim Handling grosser Netze, Kontrollen u.a. auch nachts notwendig
Jahreszeit der Untersuchungen?	Evtl. geheizte Räume bei Untersuchungen im Winter (Schutz der Fische während Biometrie sowie der eingesetzten Geräte), Beschattung/genügender Wasseraustausch im Sommer (Hälterung)

Es ist wichtig, dass bereits bei der Planung von Abstiegsanlagen überlegt wird, mit welchen Gerätschaften der Fischschutz resp. –abstieg überprüft werden soll, damit die Vorrichtungen für die Erfolgskontrollen schon beim Bau der Anlage eingerichtet werden können. Dabei muss jedoch stets ein gefahrenfreier, verletzungsarmer Fischabstieg im Vordergrund stehen (-> [Handbuch](#)).

Finden zeitgleich mit den Abstiegskontrollen auch Aufstiegsuntersuchungen statt, muss dies koordiniert werden, da Bypässe von Abstiegsanlagen oft im Bereich des Fischeinstiegs von FAuHs münden, und Kontrollen in diesem Bereich zu temporären Störungen des Fischeinstiegs führen können.

7.2 Untersuchungszeitraum

Grundsätzlich müssen auch die biologischen Wirkungskontrollen bzgl. des Fischabstiegs zu Zeiten grösster Abwanderaktivität stattfinden. Diese stehen einerseits im Zusammenhang mit Laichwanderungen, andererseits sind aber auch jahreszeitlich differenzierte Abwanderungsaktivitäten bekannt, die unabhängig von der Reproduktionsphase sind. Während insbesondere für katadrome und anadrome Arten verschiedene Erkenntnisse vorliegen, bestehen über die jahreszeitliche Rhythmik der Abwanderung unserer einheimischen potamodromen Fischarten grosse Wissenslücken.

Anhaltspunkte gibt Abb. 4, wobei die genauen Zeitfenster in Absprache mit den lokalen Fachbehörden zu definieren sind (lokale Unterschiede bzgl. Laichzeit, Berücksichtigung Kenntnisse bzgl. Abwanderungstendenzen).

Neben vom Lebenszyklus beeinflussten Verhaltensweisen ist der Fischabstieg von verschiedenen anderen Faktoren abhängig. Obwohl auch diesbezüglich Wissenslücken vorhanden sind, ist bekannt, dass insbesondere bei folgenden Bedingungen verstärkte Abwanderungstendenzen zu beobachten sind:

- **Diurnalität:** Bei den meisten Abstiegsuntersuchungen wurde eine verstärkte Abstiegsaktivität bei Dunkelheit beobachtet.
- **Abfluss:** Bei höheren Abflüssen tritt eine verstärkte Abstiegsaktivität auf. Dies ist einerseits auf Drift, aber auch auf eine aktive Abwanderung bei Hochwasser zurückzuführen. Auch bei Abflussanstieg ohne eigentliche Hochwässer kann mit einer verstärkten Abwanderung gerechnet werden.
- **Trübung:** Zunehmende Wassertrübung ist oft mit erhöhter Abwanderung sowie einer vermehrten Abwanderung tagsüber verbunden (geringere Gefahr der Prädation).
- **Mondphasen:** Die Abwanderung einzelner Arten wird u.a. durch die Mondphasen gesteuert (Beispiel Aal). Allgemein wurde bei Neumond eine gesteigerte Abstiegsaktivität verzeichnet, da bei solchen Verhältnissen die Prädationsgefahr geringer ist.

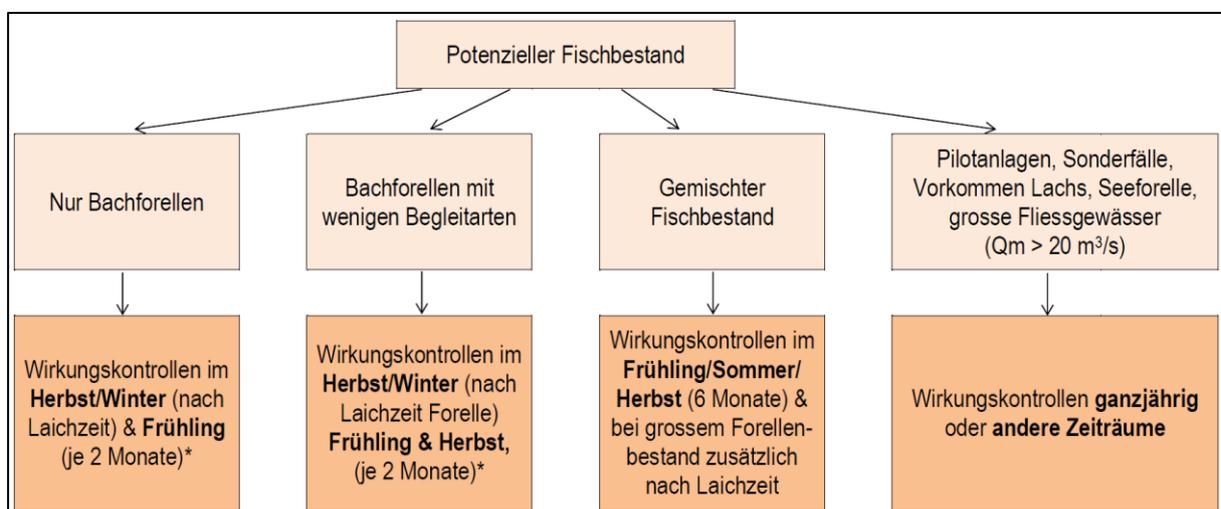


Abb. 4: Entscheidungshilfe zum Festlegen des Untersuchungszeitraums für Fischabstiegskontrollen (* nach Möglichkeit Kontrollen zuerst nach der Laichzeit der Forelle und dann im Folgejahr im Frühling durchführen, da damit ein ganzer Lebenszyklus der Forelle erfasst werden kann)

7.3 Untersuchungsdauer

7.3.1 Manuelle Kontrollmethoden

Im Gegensatz zu Fischaufstiegskontrollen ist es bei der Anwendung manueller Kontrollmethoden nicht möglich, während längerer Zeit Abstiegskontrollen durchzuführen, da diese sehr zeitintensiv sein können (Beispiel Kraftwerk Stropfel der Axpo Kleinwasserkraft AG: Hamen muss alle 30 Minuten geleert werden, um methodenbedingte Fischschäden zu vermeiden).

Es wird deshalb an dieser Stelle keine Entscheidungshilfe zur Auswahl der Untersuchungsdauer aufgeführt, da dies stark von der gewählten Untersuchungsmethode sowie von den Bedingungen bei der untersuchenden Anlage abhängig ist.

Grundsätzlich sollen innerhalb der in Abb. 4 aufgeführten Untersuchungsspanne mehrere Untersuchungen stattfinden. Entweder erfolgen diese Abklärungen an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen, oder aber an einzelnen Tagen, jeweils verteilt auf die gesamte Untersuchungsperiode. Es kann auch sinnvoll sein, diese Untersuchungen durch Stichproben an Tagen mit spezifischen äusseren Bedingungen zu ergänzen.

Aktuell sind keine Auswertungstools für Fischabstiegskontrollen vorhanden; die Interpretation von Abstiegsdaten ist schwierig und hängt entscheidend von der Beurteilung des Fachexperten ab. Es kann deshalb auch nicht definiert werden, wie viele Daten vorhanden sein müssen, um eine ausreichende Funktionsfähigkeit nachzuweisen. Folgendes Vorgehen wird empfohlen:

- **Verletzte/tote Fische:** Die Untersuchungen werden sofort abgebrochen, wenn viele verletzte/tote Fische festgestellt werden. In einem nächsten Schritt muss überprüft werden, ob dies aufgrund der Versuchsanordnung oder durch die Anlage (z.B. durch Anpressen der Fische an Feinrechen oder Verletzungen im Bypass) zustande kommt. Weitere Abstiegsuntersuchungen dürfen erst vorgenommen werden, wenn das Problem gelöst ist (Änderung Kontrollvorrichtung resp. Umbau Schutz- oder Abstiegsanlage).
- **Funktionalität nach aktuellem Stand des Wissens nachgewiesen:** Die Untersuchungen werden abgebrochen, wenn die Funktionalität des untersuchten Bauwerks nachgewiesen ist. Kriterien (-> [Handbuch](#)):
 - Abstieg von Fischen nachgewiesen, ohne dass im Oberwasser Fischansammlungen zu beobachten sind
 - Keine/wenig verletzte Fische
 - Abstieg eines Grossteils der im Gewässer vorkommenden Arten
 - Abstieg aller im Gewässer regelmässig vorkommenden ökologischen Gilden
 - Abstieg aller im Gewässer regelmässig vorkommenden Grössenklassen
 - Genügende Schutzfunktion gegeben resp. geringe Mortalitätswahrscheinlichkeit beim Turbinendurchgang (auch indirekter Nachweis über verletzungsfreien Abstieg möglich), sofern Veränderungen der Turbine Bestandteil der ausgeführten Massnahmen waren.
- **Funktionalität Anlage nicht gegeben:** Die Untersuchungen werden abgebrochen, sobald sich zeigt, dass die gesamte Anlage/gewisse Bereiche nicht funktionell sind (z.B. kaum abgestiegene Fische ermittelt bei gleichzeitigem Vorhandensein von Fischansammlungen vor dem Leit-/Feinrechen).
- **Pilotanlage:** Bei Pilotanlagen können in Absprache mit den Vollzugsbehörden weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden, sofern sie zu einem Erkenntnisgewinn für andere Anlagen führen.

7.3.2 Sonstige Methoden

Untersuchungen mittels Video, PIT-Tagging, Didson etc. werden so lange ausgeführt, bis die notwendigen Nachweise erbracht sind, was von der jeweiligen Fragestellung abhängt.

Biologische Wirkungskontrollen Fischschutz/Fischabstieg:

- ⇒ In einem ersten Schritt muss abgeklärt werden, welche Fragestellungen aufgrund der Sanierungsziele mit der biologischen Wirkungskontrolle beantwortet werden müssen. Anhand der Tabellen 3 und 4 wird entschieden, welche Methoden sich für die Untersuchung am besten eignen.
- ⇒ Der Untersuchungszeitraum hängt von der zu untersuchenden Fragestellung, insbesondere aber vom potenziellen Fischartenspektrum ab; die Untersuchungen müssen die Zeiten grösster Abwanderaktivität abdecken.
- ⇒ Die genaue Dauer der Untersuchungen ist von den Methoden und von der Fragestellung abhängig; Hilfestellung bietet Kapitel 7.3.

ANHANG 1

Beschreibung der gängigsten Methoden zur Untersuchung des Fischeaufstiegs (weitere Methoden -> [Handbuch](#))

Manuelle Zählmethoden:

- Zählbecken
- Reuse

Automatisierte Zählmethoden:

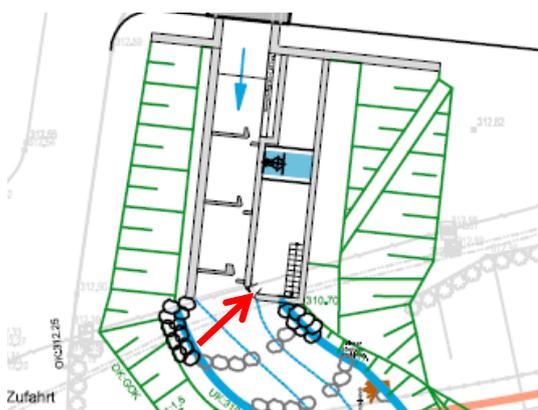
- PIT-Tagging
- Infrarotscanner
- Video

Fang- Wiederfangtechniken

Zählbecken

Zählbecken werden vermehrt zu einer häufig verwendeten Zählmethode, insbesondere in grösseren Anlagen. Ein Vorteil gegenüber Reusen besteht in der deutlich geringeren Verletzungsgefahr der behändigten Fische.

Das Prinzip eines Zählbeckens besteht darin, dass aufsteigende Fische in eine Sackgasse – das Zählbecken – geleitet werden. Normalerweise befinden sich solche Becken im Nebenschluss zur eigentlichen Aufstiegsanlage; teilweise wird auch der oberste Teil der Anlage temporär in ein Zählbecken umgestaltet.



Während der Zählung wird der Fischpass verschlossen und aufsteigende Fische in das Zählbecken geleitet (oben, Plan: Büro Gebler). Kehlen vermindern das Rückschwimmen der Fische (unten links); sie müssen der Grösse der vorkommenden Fische angepasst und regelmässig gereinigt werden. Durch spezielle Ausgestaltung der Becken können Fische besser gefangen werden (unten rechts) (Aquarius)

Anwendung	Beckenpass, Schlitzpass, Umgehungsgewässer
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Bau eines Spezialbeckens (Zählbecken) • Gute Zugänglichkeit • Genügend Zählpersonal
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Artbestimmung • Geringe Verletzungsgefahr der Fische • Quantitative Erfassung (inkl. kleiner Fische) • Handling der Fische ermöglicht weitergehende Untersuchungen (z. B. spezifische Beprobungen, Markierung)
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Bauwerk bleibt nach Versuchsende bestehen • Arbeitsintensiv • Handling der Fische (Verletzungsgefahr, Wanderverhalten kann beeinträchtigt werden etc.) • Evtl. Einschwimmen von Fischen von Oberstrom

Reuse

Aufstiegsreusen gelten als klassische Methoden für Fischaufstiegszählungen; sie müssen unmittelbar unterhalb des Einlaufbereichs installiert werden. Meist werden Kastenreusen verwendet, bestehend aus einem Kunststoffnetz, Maschendraht oder Lochblech. Kastenreusen lassen sich gut in eine Anlage integrieren, weisen aber ein hohes Gewicht auf (Hebevorrichtungen notwendig). Insbesondere für naturnahe FAuH ohne definierten Rechteck-Querschnitt oder Blockrampen eignen sich Netzreusen aus Kunststoffmaterial. Um den gesamten Fließquerschnitt mit einer solchen Reuse erfassen zu können, sind häufig zusätzliche Absperrungen erforderlich.

Je enger die Maschenweite oder der Lochdurchmesser, desto kleinere Individuen können erfasst werden, desto höher ist aber auch die Verstopfungsgefahr. Zur Verminderung dieses Risikos sollte oberhalb der Reuse ein Treibgutabweiser installiert werden. Um alle aufsteigenden Fische erfassen zu können, muss die Reuse sohl- und wandbündig gesetzt werden, damit der gesamte Fließquerschnitt abgedeckt wird.



Lochblechreuse (Fischwerk), Gitterreuse (Aquarius) und Netzreuse (Ebel & al., 2006⁶) sowie Forelle im Wasserpolster der gehobenen Reuse (Aquarius)

⁶ Ebel, G., Friedrich, F., Gluch, A., Lecour, Ch. & Wagner, F. (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen.- BWG-Fachinformation 1/2006.

Anwendung	Beckenpass, Schlitzpass, Umgehungsgewässer, Fischlift
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Hebevorrichtung • In naturnahen Anlagen müssen ein Spezialbecken oder zusätzliche Absperrungen gebaut werden, um die Reuse einzupassen • Gute Zugänglichkeit • Tägliche Kontrolle • Genügend Zählpersonal
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Artbestimmung • Kostengünstiges Kontrollinstrument • Vollständiger Rückbau nach Versuchsende • Handling der Fische ermöglicht weitergehende Untersuchungen (z. B. spezifische Beprobungen, Markierung) • Wenn nur wenige Arten vorhanden, kann Zählung auch von nicht speziell geschultem Personal (Kraftwerksleute) durchgeführt werden
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsintensiv (tägliche Leerung, Unterhalt) • Verletzungsgefahr, insbesondere für kleine Fische und empfindliche Arten • Handling der Fische (Verletzungsgefahr, Wanderverhalten kann beeinträchtigt werden etc.) • Kleine Tiere werden unterrepräsentativ erfasst • Trade-off zwischen Fang von Klein-/Jungfischen und Reusenverlegung • Evtl. Einschwimmen von Fischen von Oberstrom bei grösseren Maschen/Löchern

PIT-Tagging

(Informationen aus PEAK-Anwenderkurs Techniken Fischmarkierung A. Peter, EAWAG, 2013)

PIT-Tags (Passive Integrated Transponder Tags) sind Marken (Transponder), die in die Körperhöhle von Fischen platziert werden. Sie haben keine interne Batterie und werden nur kurz aktiviert, wenn sie einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt sind, das durch ein Lesegerät (Reader) erzeugt wird. Neuer Standard bei PIT Tags sind 134.2 kHz.

Markierte Fische werden somit detektiert, sobald sie an einem Lesegerät - in Form einer Antenne - vorbeischwimmen. Diese Technologie kann sowohl für den Fischaufstieg wie auch für den Fischabstieg eingesetzt werden (Detektion des Signals bis 32 mal pro Sekunde und bis zu einer Fließgeschwindigkeit von 5 m/s).

Heute werden v.a. HDX-Transponder (half-duplex) eingesetzt, da dadurch Antennenlängen von bis zu 60 m möglich sind. Die Transponder sind in drei Größen lieferbar (Länge 12 mm, 23 mm und 32 mm). Mit den kleinen Exemplaren (12 x 2.12 mm, 0.1 g) können Fische ab einer Grösse von 8-10 cm markiert werden.

Anhand dieser Technologie können spezifische Fragen untersucht werden (z.B. Fischbewegungen über mehrere Kraftwerksstufen, Nutzung verschiedener Einstiege und Dauer des Aufstiegs innerhalb der FAuH durch Platzieren von je einer Antenne bei jedem Einstieg sowie beim Ausstieg der Anlage).

Die Lesedistanzen sind abhängig von der Grösse der verwendeten Markierung und somit von der Grösse des Fisches.

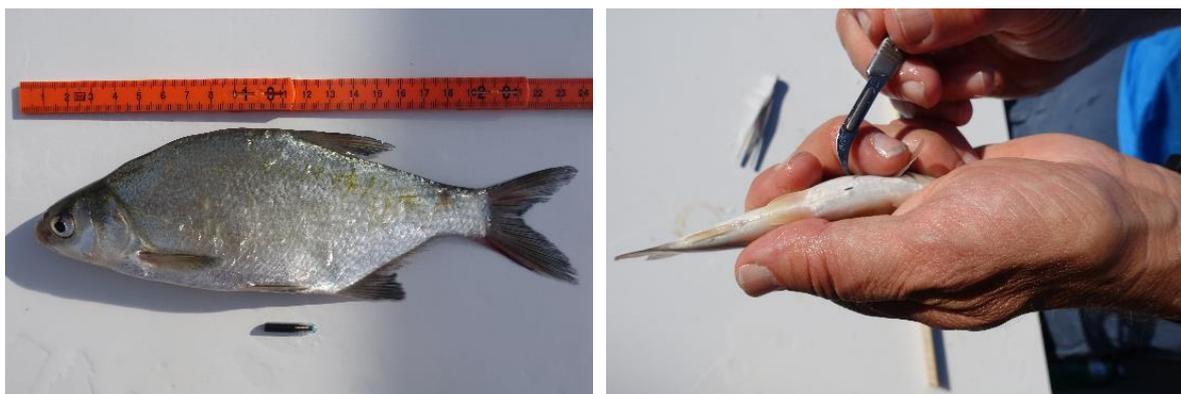
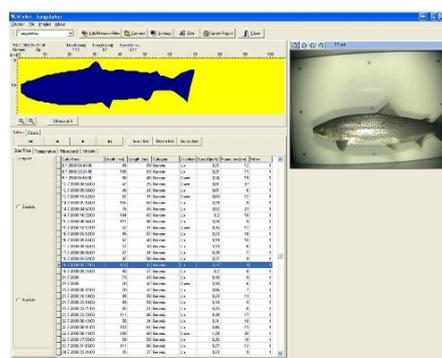


Illustration PIT-Tagging (Peter FishConsulting)

Anwendung	Beckenpass, Schlitzpass, Umgehungsgewässer, Fischlift, Blockrampe; Ermittlung des Anteils aufsteigender Fische an allen markierten Fischen
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Genügend grosse Anzahl markierter Fische (Befischungen, aus Zählkammern/ Reusen von Funktionskontrollen)
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Ausserhalb Markierungsphase wenig personalintensiv • Bei fachgerechter Ausführung geringe Verletzungsgefahr für die Fische • Lange Kontrolldauer möglich • Bestimmung der Leistungsfähigkeit (Effizienz) möglich • Untersuchung unterschiedlicher Fragestellungen (Untersuchung mehrerer Einstiege, Passierbarkeit etc.), Kraftwerks-übergreifend • Kein aufwändiges Kontrollbauwerk notwendig
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Nur markierte Tiere werden erfasst • Kleinste Stadien können nicht markiert werden • Handling/Markieren der Fische • Störungsanfällig (noise), teilweise überempfindliche Lesegeräte • Beschränkte Lesedistanz • Verfügbarkeit von Fachpersonal • Je nach Platzierungsort ist der Unterhalt sehr gross (Geschwemmseel, Makrophyten usw.)

Infrarotscanner (Riverwatcher)

Als Infrarot-Kontrollgerät wird aktuell meist der sogenannte „Riverwatcher Fischzähler“ eingesetzt. Der Riverwatcher besteht aus zwei Scannerplatten in einem Rahmen, wobei der Abstand zwischen den Platten 10 – 45 cm beträgt. Im Innern des Scanners senden Leuchtdioden Infrarotstrahlen zu den Empfängern auf der gegenüberliegenden Seite. Schwimmt ein Fisch durch das Netz von Lichtstrahlen, werden die entstandenen Silhouetten verwendet, um jedes Individuum zu zählen und seine Grösse abzuschätzen. Pro registrierten Fisch werden zwei Silhouetten in der Steuereinheit gespeichert, so dass alle aufgezeichneten Passagen im Nachhinein überprüft werden können. Bei jeder Fischpassage werden Wassertemperatur, Datum, Uhrzeit und Richtung der Passage registriert. Die Versorgung kann sowohl mit Netzstrom wie auch mit Sonnenkollektoren und einer zusätzlichen Batterie sichergestellt werden. Nach Bedarf kann die Steuereinheit mit einem Computer zur Übertragung und Verarbeitung der Daten verbunden werden; eine entsprechende Software führt automatische Analysen und Darstellungen der Resultate durch. Ebenfalls nach Bedarf kann der Scanner zusätzlich mit einer Kamera (mit Weiss- und Infrarotlicht) ausgestattet werden. Dadurch wird jede Passage mit einem Foto oder einem kurzen Video hinterlegt, anhand derer die Fischart bestimmt resp. kontrolliert werden kann.



In Fischpass installierter Riverwatcher sowie Beispiele Erfolgskontrolle (Quelle: Homepage I am Hydro)

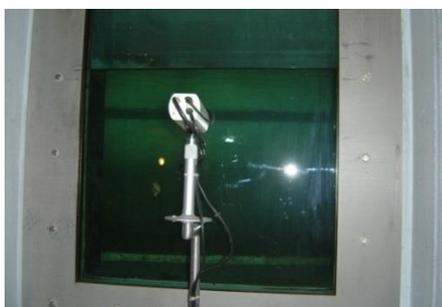
Anwendung	Beckenpass, Schlitzpass, Fischlift Grundsätzlich auch in Umgehungsgewässer und Blockrampe; Bauwerk muss aber während Aufstiegszählung entsprechend abgeändert (verengt) werden
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Temporäre Verengung innerhalb Aufstiegsbauwerk, ohne dabei die Funktionalität des Bauwerks zu gefährden • Gute Zugänglichkeit für Wartung • Strom • Artunterscheidung nicht kritisch
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Mit Ausnahme der Wartung wenig personalintensiv • Lange Kontrolldauer möglich • Auch bei starker Trübung einsetzbar • Auf- und absteigende Fische werden erfasst • Weitergehende Aussagen möglich (z.B. bzgl. Diurnalität) • Kein aufwändiges Kontrollbauwerk notwendig • Kein Handling der Fische und somit reduzierter Einfluss auf das Wanderverhalten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Anschaffungskosten • Verengung Bauwerk im Bereich des Riverwatchers • Kleine Fische schwierig detektierbar • Bodenorientierte Fische kaum erfassbar • Fehleranfällig bei grossem Geschwemmelaufkommen • Entwicklung noch nicht abgeschlossen (Artunterscheidung, Erhebung kleiner und benthischer Fische) • Mehrmalige Erfassung desselben Fisches möglich

Video

Methoden mittels Videoaufzeichnungen werden unterschiedlich eingesetzt, u.a.:

- Videoaufnahmen durch ein Sichtfenster: Bei dieser Methode ist die Kamera seitlich der FAuH angebracht; auf- und absteigende Fische werden gefilmt. Der Videostream wird von einer automatischen Videoschnittsoftware laufend verarbeitet. Sie schneidet autonom Sequenzen mit Bewegungen (motion detection) und speichert diese ab. Das System kann mit einer automatischen Fischerkennungssoftware ausgestattet werden. Solche Systeme werden hauptsächlich in grösseren, klaren Gewässern (Seeausfluss) angewendet.
- Videoaufnahmen im Oberwasser von Fischliften: Das Hebebecken von Fischliften wird so ausgestattet, dass aufgestiegene Fische vor dem Leeren des Beckens gefilmt/fotografiert werden.
- UW-Videoaufnahmen: In speziellen Situationen wird das Verhalten der Fische resp. der Fischaufstieg mittels Unterwasserkameras gefilmt (z.B. in Fischschleusen).

Bei all diesen Systemen muss darauf geachtet werden, dass der Fischaufstieg resp. das Verhalten der Fische nicht methodenbedingt gestört wird (u.a. kein weisses Licht in den Nachstunden, keine kritische Verengung des Videokanals zur besseren Erfassung des Aufstiegs).



Videoaufnahmen neben einem Fischpass (oben, Aquarius) sowie in einem Fischlift (unten, KWO)

Anwendung	Beckenpass, Schlitzpass, Fischlift
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Klares Wasser • Gute Zugänglichkeit für Wartung • Bei Beckenpass/Schlitzpass evtl. Verengung Bauwerk erforderlich
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Anschaffungskosten • Geringer Personalaufwand bei Langzeiteinsatz • Auf- und absteigende Fische werden erfasst • Erfassung aller Grössenklassen • Zeitlich genaue Dokumentation (Aussagen bzgl. Diurnalität, wobei berücksichtigt werden muss, dass sich künstliche Beleuchtung auf das Verhalten von Fischen auswirkt) • Kein Handling der Fische und somit reduzierter Einfluss auf das Wanderverhalten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Personalintensiv bei grossem Fischaufkommen (Auswertung Videosequenzen) • Schwierige Artunterscheidung (Cypriniden, kleine Fische) • Bei Wassertrübung beschränkt einsetzbar • Allenfalls Verengung Bauwerk im Bereich der Zählanlage

Fang- / Wiederfangtechniken

Fang- / Wiederfangmethoden mittels Elektroabfischungen haben nur eine begrenzte Aussagekraft, insbesondere da es sich um Momentaufnahmen handelt. Sie können in verschiedenen Situationen angewandt werden:

- Anhand einer Elektrofischung werden Fische aus dem Oberwasser gefangen, markiert und ins Unterwasser versetzt. In einer 2. Elektrofischung wird der Fischbestand des Oberwassers erneut erhoben und auf markierte Fische hin untersucht. Dies funktioniert insbesondere in kleineren Gewässern und in Gewässern mit einem Wanderhindernis, das sich unweit oberhalb der zu untersuchenden FAuH befindet.
- Befindet sich oberhalb der zu untersuchenden FAuH ein Wanderhindernis, kann der Bereich zwischen FAuH und dieser Barriere leergefischt werden. Kann eine Abwanderung über dieses Hindernis verhindert werden (z.B. kein Wehrüberfall, Sperren), gibt eine zweite Abfischung dieses Gebietes Auskunft über den Fischaufstieg durch die zu untersuchende FAuH.
- Es besteht auch die Möglichkeit, eine FAuH leerzufischen, die gefangenen Fische ins Unterwasser zu versetzen und die FAuH nach einer bestimmten Zeit wieder abzufischen. Wenn die FAuH gleichzeitig so abgesperrt werden kann, dass keine Fische aus dem Oberwasser in dieses Bauwerk ein schwimmen konnten, kann dies zumindest Hinweise bzgl. der Funktionalität dieses Bauwerks geben. Da die Aussagekraft dieser Methode jedoch beschränkt ist (Momentaufnahme), sollte sie nur bei Fehlen alternativer Möglichkeiten angewandt werden. Dasselbe trifft auf das Trockenlegen von FAuH zwecks biologischer Wirkungskontrolle des Fischaufstiegs zu.
- Wie oben beschrieben werden Fische aus dem Oberwasser gefangen, markiert und ins Unterwasser versetzt. Danach wird die Zählanlage in der FAuH in Betrieb genommen, wobei erwartet werden kann, dass versetzte Fische eine starke Tendenz zeigen, wieder in ihr angestammtes Gebiet aufzusteigen. Dadurch kann allenfalls die Zähldauer der biologischen Wirkungskontrolle verkürzt werden.

Bei solchen Untersuchungen macht man sich die Tatsache zunutze, dass gewisse Arten ein ausgesprochenes „Homing-Verhalten“ aufweisen und nach dem Versetzen die Tendenz zeigen, wieder in ihr ursprüngliches Habitat zurückzukehren. Solche Methoden können z.B. bei Anlagen angewandt werden, wo es schwierig resp. nicht verhältnismässig ist, Zählvorrichtungen einzubauen (z.B. Blockrampen).



Elektrofischung (Aquarius), Farbmarkierung Äsche (Aquatica)

Anwendung	Beckenpass, Schlitzpass, Umgehungsgewässer, Fischlift, Blockrampe
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Insbesondere in Bachforellengewässern mit wenigen Begleitarten (kleine Gewässer) • Genügend grosse Anzahl gefangener Fische
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer Aufwand • Kein aufwändiges Kontrollbauwerk notwendig
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Handling der Fische, Wirkung des Stroms • Nur Aussagen über gefangene resp. markierte Fische möglich • Momentaufnahme • Bei Abwesenheit von Aufstiegshindernissen im Oberwasser Gefahr geringer Wiederfangquoten

ANHANG 2

Beschreibung der gängigsten Methoden zur Untersuchung des Fischabstiegs

Fangmethoden

(Hamen, Netzreusen, usw.)

Automatisierte Zählmethoden:

- PIT-Tagging
- Infrarotscanner
- Video

Fang- Wiederfangtechniken

Rechengutuntersuchungen

Fangvorrichtungen

Hauptinstrumente zur Überprüfung von Fischabstiegsanlagen stellen verschiedene Fangvorrichtungen dar. Meist handelt es sich dabei um aus Netzmaterial gefertigte Fangsäcke, die als Hamen oder Reusen bezeichnet werden, je nach Situation werden auch Fangkörbe eingesetzt.

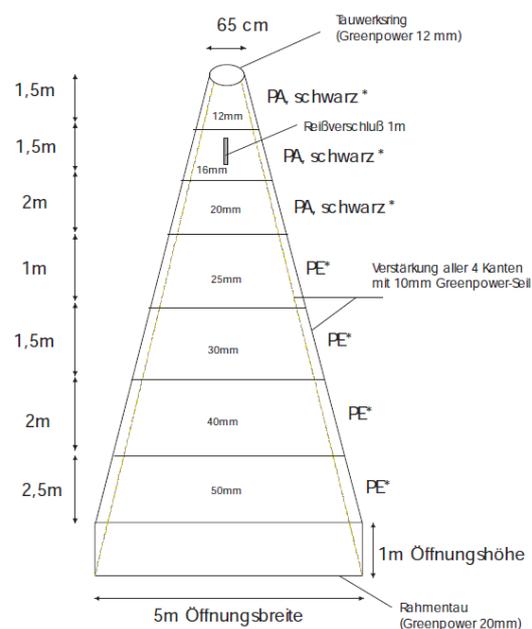
Solche Fanggeräte wurden bisher in der Schweiz noch kaum verwendet und müssen dem Bauwerk sowie der Situation angepasst werden. Meist werden absteigende Fische in solchen Netzkonstruktionen gefangen; selten können sie in Zählkammern geleitet werden (wobei verschiedene solche Zählsysteme [u.a. mittels Siebssystemen] in Entwicklung sind).



Fangvorrichtung Fangkorb, anschliessender Hamen sowie Kran, Plattform und Boot zum Heben, Leeren und Reinigen der Gerätschaft (Aquarius)



Netzreuse für Bypasskontrollen sowie Hamen in einem Unterwasserkanal der Sihl (AquaPlus)



Lochblechkasten mit Hamen und anschließender Fangreuse (links; Schmalz, 2010⁷); Konstruktions-
skizze Hamennetz (rechts; Pulg & Schnell, 2015⁸)

Anwendung	Fang von abgestiegenen Fischen (über Bypass, Turbine oder alternative Abstiegswege)
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Zugänglichkeit resp. Spezialvorrichtungen wie Plattformen oder Boote, um die Vorrichtung heben zu können; allenfalls auch Kran (z.B. für Fangkorb) • Genügend Zählpersonal (regelmässige Kontrollen notwendig) • Kann allenfalls bei starkem Geschwemmselanfall nicht eingesetzt werden • Beleuchtung bei Nachtleerungen • Hohe Anforderungen an Personensicherheit (v.a. bei Leerungen nachts) • Fangvorrichtungen müssen so konstruiert werden, dass die Gefahr methodenbedingter Verletzungen gering ist
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung und Dokumentation abgestiegener Fische (Artbestimmung, Größenklassen, Verletzungen etc.) • Kostengünstige Konstruktion
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsintensiv (regelmässige Leerung, Unterhalt) • Verletzungsgefahr, insbesondere für kleine Tiere und empfindliche Arten • Netze schadenanfällig

⁷ Schmalz, W. (2010) : Untersuchungen zum Fischabstieg und Kontrolle möglicher Fischschäden durch die Wasserkraftschnecke an der Wasserkraftanlage Walkmühle an der Werra in Meiningen.- im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.

⁸ Pulg, U. & Schnell, J. (2015): Untersuchungen zur Effektivität alternativer Triebwerkstechniken und Schutzkonzepte für abwandernde Fische beim Betrieb von Kleinwasserkraftanlagen.- im Auftrag des Landesfischereiverbands Bayern e.V.

PIT-Tagging

Grundsätzliche Informationen bzgl. PIT-Tagging sind in Anhang 1 aufgeführt.

Diese Technik kann auch für die Überprüfung des Fischabstiegs angewandt werden (Gesamtkonzept Fischmigration, möglichst über mehrere Kraftwerke und alle Auf- und Abstiegswege). Da die Antennen relativ störungsanfällig sind (u.a. Metall, Maschinen Kraftwerk), muss das Verwenden dieser Technologie bei Planung und Bau der Anlagen einbezogen werden.

Anwendung	Ermittlung des Anteils absteigender Fische an allen markierten Fischen
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Genügend grosse Anzahl markierter Fische (Befischungen, aus Zählkammern/ Reusen von biologischen Wirkungskontrollen)
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Ausserhalb Markierungsphase wenig personalintensiv • Bei fachgerechter Ausführung geringe Verletzungsgefahr für die Fische • Lange Kontrolldauer möglich • Bestimmung der Leistungsfähigkeit (Effizienz) möglich • Untersuchung unterschiedlicher Fragestellungen (z.B. Benutzung oberer oder unterer Bypasseinstieg, Erfassung verschiedener Abwanderwege), Kraftwerks-übergreifend • Kein aufwändiges Kontrollbauwerk notwendig
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Nur markierte Tiere werden erfasst • Kleinste Stadien können nicht markiert werden • Handling/Markieren der Fische • Störungsanfällig (noise), teilweise überempfindliche Lesegeräte • Beschränkte Lesedistanz; Fliessgeschwindigkeiten bis ca. 5 m/s • Keine Untersuchungen bzgl. Verletzungen möglich • Verfügbarkeit von Fachpersonal • Je nach Platzierungsort ist der Unterhalt sehr gross (Geschwemmsel, Makrophyten usw.)

Infrarotscanner (Riverwatcher)

Grundsätzliche Informationen bzgl. Riverwatcher sind in Anhang 1 aufgeführt.

Bisher wurde diese Technologie für biologische Wirkungskontrollen des Fischabstiegs noch kaum angewandt (ausser Erfassung des Fischabstiegs in Fischaufstiegsanlagen), da die Fliessgeschwindigkeiten in Abstiegsvorrichtungen meist hoch sind, was ein Detektieren absteigender Fische und gar die Arterkennung stark erschwert. Somit kann diese Technik v.a. in Bereichen angewandt werden, in denen geringe Fliessgeschwindigkeiten vorhanden sind.

Anwendung	Ermittlung absteigender Fische in Bereichen geringer Fliessgeschwindigkeiten (z.B. in Fischpässen, in strömungsarmen Verlängerungen von Bypässen)
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Fliessgeschwindigkeiten • Temporäre Verengung innerhalb Abstiegsbauwerk • Gute Zugänglichkeit für Wartung • Strom • Artunterscheidung nicht kritisch
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Mit Ausnahme der Wartung wenig personalintensiv • Lange Kontrolldauer möglich • Auch bei starker Trübung einsetzbar • Weitergehende Aussagen möglich (z.B. bzgl. Diurnalität) • Kein aufwändiges Kontrollbauwerk notwendig • Kein Handling der Fische und somit reduzierter Einfluss auf das Wanderverhalten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Kann bei hohen Fliessgeschwindigkeiten (z.B. in Bypässen) nicht eingesetzt werden • Hohe Anschaffungskosten • Kleine Fische schwierig detektierbar • Bodenorientierte Fische kaum erfassbar • Fehleranfällig bei grossem Geschwemmselaufkommen • Entwicklung noch nicht abgeschlossen (Artunterscheidung, Erhebung kleiner und benthischer Fische) • Mehrmalige Erfassung desselben Fisches möglich

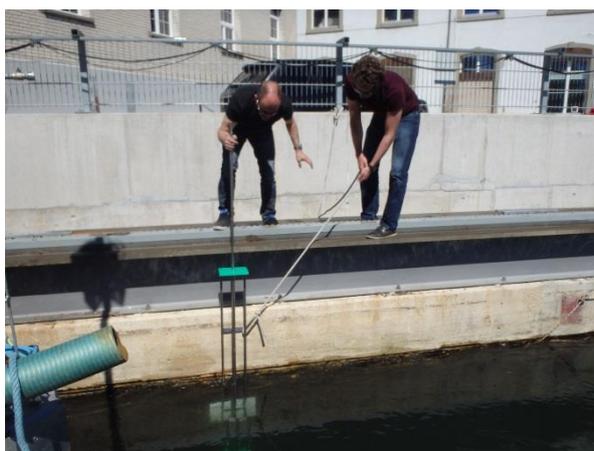
Video

Methoden mit Videoaufnahmen werden bei Abstiegsuntersuchungen selten eingesetzt, um die genaue Anzahl resp. die Arten abgestiegener Fische zu ermitteln (dies kann z.B. bei Sichtscheiben in Fischpässen oder bei der optischen Überwachung eines überströmten Schützes/einer Wehraussparung in Forellengewässern erfolgen). Videoaufnahmen werden hauptsächlich eingesetzt, um das Verhalten von Fischen in verschiedenen Bereichen von Schutz- oder Abstiegsanlagen zu ermitteln (z.B. in Sohleitrinnen, oberhalb Feinrechen, vor den Einstiegen in Bypässe). Dabei darf das Verhalten von Fischen nicht beeinflusst werden, so dass nachts nicht mit Weisslicht, sondern mit Infrarot gearbeitet werden muss. Kameras müssen zudem so angebracht werden, dass das Verhalten von Fischen nicht gestört wird.

Videosysteme können zusammen mit weiteren Methoden eingesetzt werden, z.B.:

- Hamenfänge führen zu Aussagen über tatsächlich abgestiegene Fische. Anhand von Videoaufnahmen kann überprüft werden, ob sich keine Fischansammlungen im Oberwasser befinden, was darauf hindeuten würde, dass der Rechen eine schlechte Leitwirkung hat oder der Einstieg in den Bypass nicht akzeptiert wird.
- Hamenfänge zeigen, dass Fische Verletzungen aufweisen, die evtl. durch das Anpressen an den Feinrechen erzeugt wurden. Anhand von Videountersuchungen im Bereich des Feinrechens kann diese These untersucht werden.

Bei solchen Fragestellungen können Videountersuchungen punktuell in Ergänzung zu anderen Methoden angewandt werden.



Anhand entsprechender Vorrichtungen können Videokameras z.B. direkt am Feinrechen oder beim Einstieg in den Bypass angebracht werden. Dadurch sind Verhaltensbeobachtungen im Bereich der Abstiegsanlage möglich (Aquarius)

Anwendung	Verhaltensbeobachtungen in verschiedenen Bereichen von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Klares Wasser • Keine Beeinträchtigung des Fischverhaltens durch Kamerasystem
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Anschaffungskosten • Untersuchungen spezifischer Fragestellungen • Kurzzeitiger Einsatz möglich • Kein Handling der Fische
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Personalintensiv (Auswertung) • Nur bei relativ klarem Wasser einsetzbar • Nachtaufnahmen mit Infrarot: Gefahr reduzierter Sicht durch Partikel • Teilweise schwierige Artunterscheidung (Cypriniden, kleine Fische) • Keine Angaben über Verletzungen

Fang- Wiederfangtechniken

Solche Methoden werden hauptsächlich zur Überprüfung methodenbedingter Beeinträchtigungen sowie zur Untersuchung allfällig durch die Passage des Bypasses erzeugter Verletzungen und nicht für die Ermittlung des Fischabstiegs eingesetzt:

- Durch Fangen von Fischen, deren aktives Eingeben in die Fangvorrichtung (oder in den Bypass) sowie Wiedereinfangen mit der vorgesehenen Fangvorrichtung kann überprüft werden, ob mit der für den Versuch vorgesehenen Fangvorrichtung keine/geringe methodenbedingten Verletzungen auftreten resp. der Bypass keine Verletzungen verursacht.
Es hat sich erwiesen, dass solche Versuche wenn immer möglich mit Wildfischen durchgeführt werden sollten, da Fische aus Zuchten teilweise andere Verhaltensmuster zeigen resp. empfindlicher reagieren.



Direktes Einbringen und Untersuchungen von Fischen in der Fangvorrichtung eines Abstiegsversuchs (Aquarius)

- Durch Abfischen von Fischen im Unterwasser, deren Markieren, Versetzen ins Oberwasser sowie späteres Abfischen im Unterwasser kann untersucht werden, ob Fische abgestiegen sind, und ob diese Tiere Verletzungen aufweisen. Dies funktioniert jedoch nur in Situationen ohne Wehrüberfall und bei Vorhandensein einer genügend hohen Anzahl markierter resp. wiedergefangener Fische. Diese Methode kann deshalb nur in kleinen Gewässern angewandt werden.

Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung methodenbedingter Verletzungen (Eingeben der Fische in Fanggerät) • Überprüfung Verletzungen durch Bypass (Eingabe in Bypass, sofortiges Leeren des Fanggerätes) • In Ausnahmefällen/kleinen Gewässern: Überprüfung Fischabstieg
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Genügend grosse Anzahl gefangener Fische
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer Aufwand, sofern genügend Fische gefangen werden können • Test Fangvorrichtung/Bypass: Aussagekräftige Resultate innerhalb kurzer Zeit • Untersuchungen bzgl. Verletzungen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Handling der Fische • Nur Aussagen über gefangene resp. markierte Fische möglich; keine allgemeinen Aussagen bzgl. Fischabstieg • Bei Fang-/Wiederfangexperimenten im Ober- und Unterwasser: Gefahr geringer Wiederfangquoten / bei Wehrüberfall keine Aussagen über Abstiegsanlage möglich

Rechengutuntersuchungen

Bei hohen Fließgeschwindigkeiten und gleichzeitig geringem Rechenabstand besteht die Gefahr, dass Fische an den Rechen gedrückt und dort verletzt und allenfalls getötet werden.

Anhand von Rechengutuntersuchungen kann dieser Problematik nachgegangen werden:

- Wird das Rechengut in einen Container gespült, kann frisch angefallenes Geschwemmsel direkt auf verletzte/tote Fische hin untersucht werden.
- Wird das Rechengut über die Abstiegsanlage ab gespült, muss es allenfalls mit einer speziellen Vorrichtung aufgefangen werden.

Die Art der Verletzungen muss geprüft werden:

- Am Rechen verletzte Fische weisen oft typische Verletzungsmuster auf (z.B. Abdruck Rechen, zerfetzte Schwanzflosse).
- Daneben treten verschiedene andere Verletzungsmuster auf, die nicht der Anlage angerechnet werden dürfen (Verpilzungen, Verletzungen nach Fortpflanzung, durch Vögel, nach Turbinendurchgang bei darüber liegenden Kraftwerken etc.).



Oben: Auffangen des Geschwemmsels unterhalb eines Bypasses mit speziellem Fangkorb; Mulde mit Rechengut und toten Fischen. Unten: Schneider mit Schädigung Schwanzflosse, Äsche mit Rechenabdruck, Barbe mit Bruch Rückgrat (Aquarius)

Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung toter Fische im Rechengut (bei Verdacht auf Verletzungen/Tötung durch Andrücken der Fische am Rechen)
Voraussetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung von frischem Rechengut
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer Aufwand • Rasche Aussagen bei Vorhandensein vieler verletzter/toter Fische
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Verletzungen können nicht immer eindeutig zugeordnet werden • Bei Abspülen von Geschwemmsel stabile Auffangvorrichtung notwendig