Merkblatt
Wirkungskontrolle Fischaufstiegshilfen

Methodenstandard für PIT-Tagging-Studien

«Aus der Praxis – für die Praxis»

WASSER-AGENDA 21 Forum Chriesbach Überlandstrasse 133 CH-8600 Dübendorf Tel. +41 58 765 54 27 info@wa21.ch www.wa21.ch

Impressum

Herausgeber

Wasser-Agenda 21

Leitung

Angela Thür (WA21), Carlos Wyss (WA21), Stefan Vollenweider (WA21), Katharina Lange (BAFU)

Fachbegleitung

Nicolas Achermann (Fischwerk), Thomas Ammann (WWF), Eva Baier (Fischwanderung.ch),
Álvaro Baumann y Carmona (aqua viva), Christoph Birrer (Kt. SG), Jakob Brodersen (Eawag), Karin Gafner (Kt. BE),
Simon Gingins (BAFU), Martin Huber Gysi (BAFU), Vanina Heinrich (Kt. FR), Tabea Dalbert (BAFU),
Ricardo Mendez (Axpo), Andreas Meraner (Kt. GR), Jérôme Plomb (Aquarius), Damien Sidler (FishLab),
Luiz Martins da Silva (ETHZ).

Autor:innen

Thomas Kreienbühl (Ecqua GmbH)
Jeannot Müller (Ecqua GmbH)
Armin Peter (FishConsulting GmbH)
Nils Schölzel (FishConsulting GmbH)
Antony Ducommun dit Boudry (Software Consulting)

Zitiervorschlag

Kreienbühl, T., Müller, J., Peter, A., Schölzel, N. und Ducommun, A. (2024): Merkblatt: Methodenstandard für PIT-Tagging-Studien. Aus der Praxis, für die Praxis. Auftragnehmer: Ecqua GmbH. Auftraggeber: Wasser-Agenda 21, Dübendorf.

Aktuelle Version erhältlich unter:

https://plattform-renaturierung.ch/fischgaengigkeit/hilfsmittel/pit-tagging/

Erstellt mit finanzieller Unterstützung des Bundesamts für Umwelt (BAFU)

Kontakt

renaturierung@wa21.ch

Merkblätter von Wasser-Agenda 21

Merkblätter von Wasser-Agenda 21 gewährleisten eine gute Praxis und geben Hinweise für einen einheitlichen Vollzug. Sie wurde mit aller Sorgfalt und nach bestem Gewissen erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität kann Wasser-Agenda 21 keine Gewähr übernehmen.

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Verfasser:in	Bemerkungen
1-01	02.05.2024	Thomas Kreienbühl	1. Version
1-02	17.02.2025	Angela Thür, Thomas Kreienbühl	Fehlerkorrekturen, Harmonisierung französische Version

Inhalt

1 Vorwort 3

2 Vorgaben zur Planung von PIT-Tagging-Studien 4

2.1 Standorteigenschaften 4
2.2 Vorgaben Technologie 4
2.3 Zeitliche Planung 5

3 Vorgaben zur Durchführung von PIT-Tagging-Studien 5

3.1 Fischfang und Fischeinsatz 5
3.2 Zielfischarten 6
3.3 Versuchsaufbau 7
3.4 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle 8

1 Vorwort

Im Rahmen der Sanierung Fischgängigkeit an Wasserkraftwerken wurde in Zusammenarbeit mit einer Fachgruppe der «Plattform Sanierung Wasserkraft» und im Auftrag Wasser-Agenda 21 (WA21) sowie dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) ein Methoden- und Bewertungsstandard für Wirkungskontrollen von Fischaufstiegshilfen (FAH) mit PIT-Tagging erarbeitet (Kreienbühl et. al. 2024). Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Auszug aus dem Methoden- und Bewertungsstandard erstellt, der nun als Merkblatt vorliegt.

Das Merkblatt ist eine möglichst kurz gehaltene Übersicht zu den Empfehlungen des Methodenstandards bezüglich Planung und Durchführung von solchen PIT-Studien. Das Dokument soll als übersichtliche und einfache «Merkhilfe» dienen, so dass alle relevanten Informationen rasch zur Hand sind. Einige Erläuterungen sind enthalten, ganz darauf verzichten kann man nicht. Das Merkblatt beschränkt sich auf den Methodenstandard zur Planung und Durchführung von PIT-Studien.

Weiterführende Informationen zum Methodenstandard, beispielsweise zur Herleitung verschiedener Mindestanforderungen, können dem umfassenden Bericht zum Methoden- und Bewertungsstandard entnommen werden. In diesem Dokument sind auch alle relevanten Informationen zum Bewertungsstandard sowie dem parallel entwickelten Webtool zur automatisierten Auswertung und Bewertung von PIT-Studien enthalten (Kreienbühl & Ducommun, 2024).

Alle Dokumente, insbesondere der umfassende Bericht zum Methoden- und Bewertungsstandard, sowie das Webtool finden sie unter diesem Link. Die Lektüre des Berichtes sei wärmstens ans Herz gelegt.

Grundlagen:

Kreienbühl T., Müller J., Peter A., Schölzel N. und Ducommun A. (2024): Methoden- und Bewertungsstandard für die Wirkungskontrolle von Fischaufstiegshilfen mit PIT-Tagging-Studien. «Aus der Praxis - für die Praxis». Auftragnehmer: Ecqua GmbH. Auftraggeber: Wasser-Agenda 21, Dübendorf. v1-02. https://plattform-renaturierung.ch/mediathek/methodenstandard-fuer-die-erhebung-des-migrationspotentials-3-2/?

Kreienühl T. & Ducommun A. 2024. Automatisiertes Webtool zur Auswertung und Bewertung von Wirkungskontrollen an Fischaufstiegshilfen mit PIT-Tagging. Auftragnehmer: Ecqua GmbH. Auftraggeber: Wasser-Agenda 21. https://pit.plattform-renaturierung.ch/sign-in.

2 Vorgaben zur Planung von PIT-Tagging-Studien

2.1 Standorteigenschaften

Die Dokumentation des Schlussberichts der Wirkungskontrolle umfasst die minimalen Angaben bezüglich der Standorteigenschaften. Diese Informationen dienen der Interpretation der Resultate, unabhängig vom Hintergrundwissen der Lesenden sowie dem Projekt. Sie umfassen die Beschreibung des Projektstandorts, des Gewässers, der Fischaufstiegshilfe(n) sowie des Projektzeitraums (Tabelle 2-1). Alle technischen Informationen können dem technischen Bericht der Wirkungskontrolle entnommen werden und liegen bereits vor Abschluss der biologischen Wirkungskontrolle vor.

Tabelle 2-1: Auflistung der Standorteigenschaften, die minimal und unabhängig des Typs der Fischaufstiegshilfe festgehalten werden.

Kategorie	Parameter	Einheit	Kategorie	Parameter	Einheit
FAH	Typ		Standort	Name Kraftwerk / Flurname	
	Länge	m		Koordinaten	LV95
	Höhendifferenz	m		Gemeinde / Kanton	
	Anzahl Becken			Höhenlage	m ü.M.
	Betriebswassermenge	m^3/s	Gewässer	Name	
	Lockwassermenge	m^3/s		Fischregion [1]	
	Schlitzbreite	cm		Gewässertyp [2]	
	Absturzhöhe pro Becken	cm		Mittlerer Jahresabfluss	m^3/s
	Länge Normalbecken	m		Gewässerbreite [3]	m
	Breite Normalbecken	m	Dauer Wirkungs-kontrolle	Start	Datum
	Substrattyp [4]			Ende	Datum

[1] Berechnung nach «MSK Stufe F: Fische, 2024» (verlinkt);
[2] Gemäss Gewässertypisierung, Abflusstyp (verlinkt);
[3] Natürliche Gewässerbreite z.B. oberhalb Staubereich oder unterhalb Restwasserstrecke.
[4] Mit Angabe geschütteter Korngrössenfraktionen.

2.2 Vorgaben Technologie

2.2.1 PIT-Technologie: HDX

Es soll schweizweit einheitlich die HDX-Technologie zum Einsatz kommen (HDX: half duplex). Der einheitliche Einsatz gewährleistet die Lesbarkeit von PIT-Tags über Projektgrenzen hinaus, d.h. die Lesbarkeit von PIT-Tags an Antennen von anderen Studien.

2.2.2 Qualitätssicherung (Technologie): ISO- und ICAR-zertifizierte PIT-Tags

Zur Gewährleistung der Qualität einer PIT-Studie werden ausschliesslich ISO- und ICAR-zertifizierte PIT-Tags eingesetzt. Der ISO-Standard definiert technische Qualitätsmerkmale, die ein PIT-Tag aufweisen muss. Der ICAR-Standard garantiert, dass die Nummernvergabe an ein PIT-Tag einzigartig ist (www.icar.org).

2.2.3 Grösse PIT-Tags: Frei

Für die HDX-Technologie stehen folgende PIT-Tag-Grössen zur Verfügung: 12 mm, 14 mm, 23 mm und 32 mm. Je grösser ein PIT-Tag, desto besser ist die Reichweite. Wie gross ein PIT-Tag sein darf, wird über das Gewicht des Fisches definiert, den man markieren will. Das Gewicht des PIT-Tags sollte *2% des Nassgewichts* eines Fisches nicht überschreiten. Als Faustregel gilt, dass ab einer Totallänge von 15-16 cm, eine Forelle mit 23 mm-PIT-Tags markiert werden kann. Ein 23 mm-Tag ist 0.6 g schwer und kann bei Fischen ab einem Gewicht von 30 g eingesetzt werden.

Darunter sollten 12 mm- oder besser 14 mm-PIT-Tags verwendet werden (bessere Reichweite). Grundsätzlich ist die Grösse der PIT-Tags durch das Projektteam zu bestimmen.

2.3 Zeitliche Planung

2.3.1 Projektdauer: 1 Jahr ab letzter Markierung

Die minimale Projektlaufzeit beträgt ein Jahr, unabhängig von den Zielfischarten oder der Fischregion. Dabei ist zu beachten, dass jedem Fisch, der im Projekt mit PIT-Tags markiert wurde, mindestens ein Jahr Zeit gegeben werden soll, eine FAH zu überwinden. Damit kann ein Fisch im Rahmen seines individuellen, jährlich wiederkehrenden Lebenszyklus einen Aufstiegsversuch durchführen. Daher soll sich die Projektlaufzeit ab dem Zeitpunkt der letzten Markierung berechnen.

2.3.2 Anzahl und Zeitpunkt Markierungskampagnen: Zwei oder mehr Kampagnen

Zu beachten ist, dass mindestens zwei (oder mehr) Markierungskampagnen bei unterschiedlichen Abflussbedingungen durchgeführt werden. Diese sollten über das Jahr verteilt sein (z.B. Frühling, Frühsommer und Herbst). Dies gilt insbesondere bei Gewässern, die watend befischt werden können. Es besteht sonst die Gefahr, dass man in Abhängigkeit des Lebenszyklus einzelne Fischarten verpasst oder dass eine Fischaufstiegshilfe ausschliesslich bei den aktuellen Abflussbedingungen überprüft wird.

2.3.3 Wassertemperaturen: Anforderungen der Zielarten beachten

Für eine Markierungskampagne eignen sich kühle Wassertemperaturen (< 18°C), gerade auch bei kälteliebenden Arten wie der Forelle. In den grossen Fliessgewässern kann auch bei wärmeren Wassertemperaturen markiert werden, in Abhängigkeit der Anforderungen der Zielfischarten (max. 20-22°C). Es ist zu beachten, dass sich der Stress bei zu warmen Wassertemperaturen für die Tiere stark erhöht. Sind die Wassertemperaturen zu hoch, kann es zu einer erhöhten Mortalität kommen. Im Sinne des 3R-Prinzips (Tierversuche) sollte daher jede Markierungskampagne auf die Anforderungen der Zielarten ausgelegt werden.

2.3.4 Zeitgleiche Untersuchungen: Verzicht auf parallele Zählbecken-Zählung

Durch die gleichzeitige Durchführung von Zählbeckenstudien kann das Verhalten der Fische in der Fischtreppe beeinflusst werden. Die beiden Methoden schliessen sich jedoch nicht gegenseitig aus, d.h. sie sollen nur nacheinander statt miteinander durchgeführt werden.

3 Vorgaben zur Durchführung von PIT-Tagging-Studien

3.1 Fischfang und Fischeinsatz

3.1.1 Stichprobenumfang: 50-150 Individuen pro Längenklasse/Kleinfischart

Die Vorgaben für den Stichprobenumfang sind folgende:

- 50-150 Individuen pro Kleinfischart oder Längenklassen von Grossfischarten;
- Längenklassen (ca.): 5-15 cm; 15-25 cm; +25cm

Pro Kleinfischart oder Längenklasse (LK) von Grossfischarten sind 50-150 Fische zu markieren. Zielwert ist immer 150 Fische pro Art/LK. Das ergibt einen Zielwert von rund 150 Fische pro Kleinfischart und rund 450 Fische pro Grossfischart. Für eine detaillierte Begründung der Kriterien zum Stichprobenumfang möchten wir sie auf die Dokumentation verweisen.

3.2 Zielfischarten

Die Auswahl der Zielfischarten wird in der Regel frühzeitig in der Sanierungsverfügung oder wurde in der strategischen Planung definiert. Daher liegen die Zielarten bei Projektstart vor. Diese Fischarten sind massgebend für die PIT-Untersuchung (exkl. Lachs).

3.2.1 Methode Fischfang: Elektrofischerei und Zählbecken

Der Fischfang erfolgt mit einer geeigneten Methode in Abhängigkeit des Untersuchungsgewässers und der zu untersuchenden Fischarten. In watbaren Gewässern ist die Elektrofischerei die effizienteste Methode, um Fische für die Studie zu fangen. In nicht-watbaren Gewässern hat sich gezeigt, dass Zählbecken bei benachbarten Querbauwerken eine effiziente Methode für den Fischfang darstellen (vgl. Auswahlhilfe Abbildung 3-1).

Falls erfolgsversprechend, können Fische in nicht-watbaren Gewässern aber auch mit Bootsbefischungen (Elektrofischerei, max. Wassertiefe 1.8 bis 2 m, evtl. nachts; z.B. als Synergie mit anderen Projekten oder Projektteilen), mit Uferzugnetzen (abends oder tagsüber in trüben Gewässern) oder Reusen (Fang von sohlenorientierten Fischarten) gefangen werden.

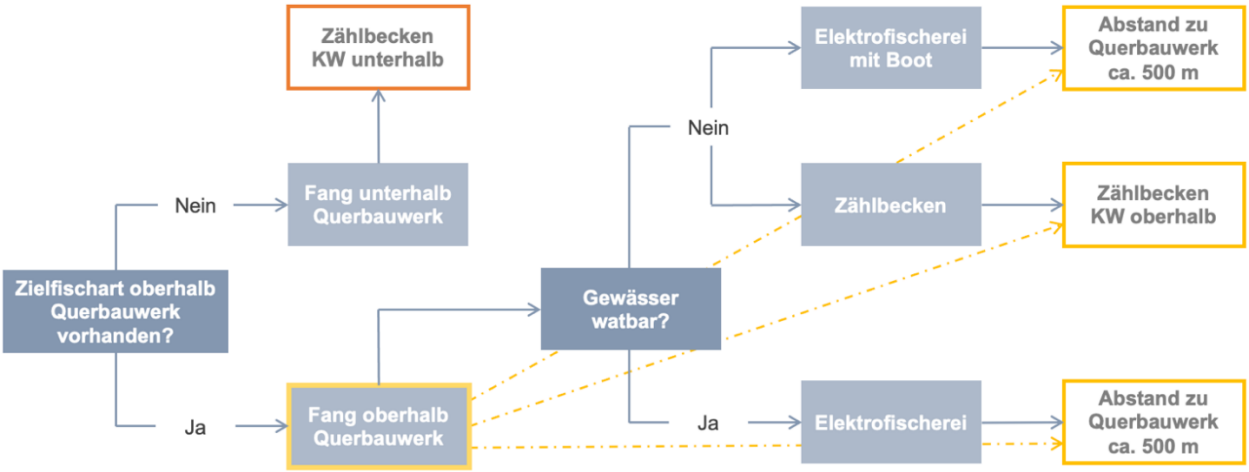

Abbildung 3-1: Auswahlhilfe Fischfang und Fangstandort.

3.2.2 Fang- und Rückgabestandorte: Translokation von Oberwasser ins Unterwasser

Translokation | Wann immer möglich, sollen *Translokationsstudien* durchgeführt werden (vgl. Auswahlhilfe Abbildung 3-1, gelbe Markierung). Das heisst, dass die Fische oberhalb eines Querbauwerks gefangen und unterhalb wieder ausgesetzt werden.

Fangstandorte | In nicht-watbaren Gewässern können die Zielfische entweder per Elektrofischerei im Oberwasser des zu untersuchenden Querbauwerks gefangen werden *oder im Zählbecken eines stromaufwärts liegenden Querbauwerks*. Kommen Zielfischarten nachweislich oberhalb eines Querbauwerkes nicht (mehr) vor, können die Fische auch unterhalb eines Querbauwerkes gefangen werden. Idealerweise greift man hier auf ein Zählbecken eines unterhalb liegenden Querbauwerks zu. Bei diesen Fischen handelt es sich nachweislich um wandernde Fische. Auf den Fang im kraftwerkseigenen Zählbecken soll, in Abhängigkeit der Möglichkeiten, verzichtet werden.

Rückgabestandorte | Die Rückgabestandorte müssen sorgfältig ausgewählt werden. Einerseits ist es sinnvoll, einen Abstand zwischen FAH und Rückgabestandort zu lassen. Damit haben die Fische Zeit, sich zu erholen und ihre natürliche Aufstiegsmotivation wiederzufinden. Andererseits sollte der Abstand nicht zu gross gewählt werden, denn Prädation z.B. in Stauhaltungen, eine Abfolge von Abstürzen in steileren Bächen oder das Risiko, bei kleinen Stichprobengrössen Individuen zu verlieren, können bei allzu grossen Distanzen einen nicht unerheblichen Effekt haben. Richtwerte für die Distanz zwischen FAH-Einstieg und Rückgabestandort sind:

- Kleine Fliessgewässer: 100-200 m
- Grosse Fliessgewässer: 200-1000 m

Die Distanz ist den vorliegenden Bedingungen anzupassen: Bei wenig mobilen Arten wie der Groppe oder bei Hindernissen in der Strecke können auch kürzere Abstände gewählt werden.

3.2.3 Protokollierung

Als Grundlage für die Auswertung werden die gefangenen und markierten Fische protokolliert. Der minimale Umfang des Protokolls umfasst pro Fisch die Angaben aus Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1: Minimale Angaben des Feldprotokolls bei der Markierung der Fische (pro Fisch).

Parameter	Format
Fischart	Landessprache und wissenschaftlicher Name
Fangdatum	dd.mm.yyyy
Markierungsdatum	dd.mm.yyyy
Fangstandort, Bezeichnung	Oberhalb FAH Unterhalb FAH Zählbecken oberhalb FAH Zählbecken unterhalb FAH Seitengewässer oberhalb FAH Zählbecken KW Anderer Standort (Beschreibung angeben)
Fangstandort, Uferseite (grosse Fliessgewässer)	Linksufrig Rechtsufrig
Fangstandort, Koordinaten	X/Y LV95
Rückgabestandort, Bezeichnung	Oberhalb FAH (Fischabstieg) Unterhalb FAH Anderer Standort (Beschreibung angeben)
Rückgabestandort, Uferseite (grosse Fliessgewässer)	Linksufrig Rechtsufrig
Rückgabestandort, Koordinaten	X/Y LV95
Länge (Totallänge)	Millimeter (mm)
Gewicht	Gramm (g)
PIT-Tag-Nummer	DEC-Format (z.B. 900_654321898731)
PIT-Tag-Grösse	Länge in mm
Verletzungen	Schweregrad 1-3 (leicht bis schwer)
Geschlecht	Männlich oder weiblich (falls bestimmbar)

3.3 Versuchsaufbau

3.3.1 PIT-Antennen: Doppelantennen an Ein-, Ausstieg sowie Zusammenfluss

Am Einstieg, am Ausstieg sowie vor und nach dem Zusammenfluss von zwei unterschiedlichen Einstiegen werden je zwei Antennen (Doppelantennen) verbaut (Abbildung 3-2). Es soll darauf geachtet werden, dass die unterste Antenne effektiv vor dem ersten Becken platziert wird (Eingang). Dasselbe gilt für die letzte Antenne, die auch wirklich am Austritt platziert werden muss. Idealerweise werden diese Antennen bereits in der Bau- resp. Sanierungsphase der FAH eingebaut, wenn die FAH trockengelegt ist. Eine Verschiebung der Antennen in die FAH ist möglich (führt z.B. zu Unterschätzung der Redetektionsrate). Es sollte jedoch nie ganz auf eine Antenne verzichtet werden.

Bei stark schwankendem Wasserstand im Unterwasser müssen neben den Antennen beim Einstieg zusätzlich auch Antennen in den ersten beiden Becken, die nicht regelmässig überstaut sind, platziert werden.

Zusätzliche Antennenpaare, beispielsweise bei sehr langen FAH (ca. ab 100 m Länge) oder an Stellen, die von der Norm abweichen (müssen - z.B. aus baulichen Gründen), werden dringend empfohlen. Werden sie platziert, können sie sehr aufschlussreich sein, die Interpretation der Ergebnisse verbessern und evtl. einfache Verbesserungsmassnahmen ermöglichen.

Der Abstand zwischen den Antennen eines Doppelsets beträgt maximal ein Becken, ausser die beiden Magnetfelder der Antennen sollten sich überlagern. Dann kann der Abstand auch grösser sein. In naturnahen Umgehungsgewässern sollten zwei Antennen eines Sets etwa 5-10 m auseinander liegen.

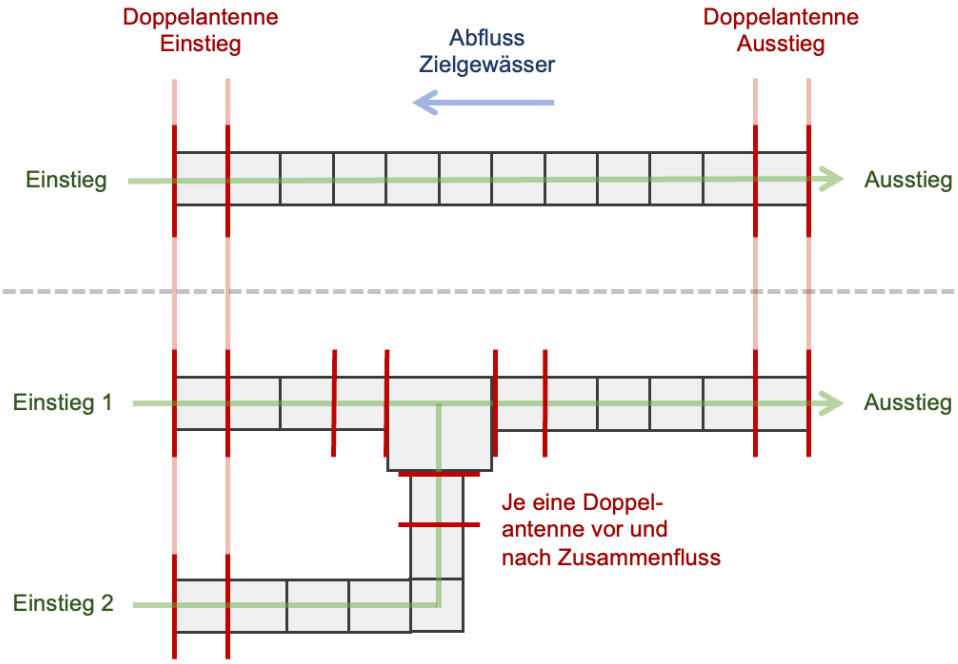

Abbildung 3-2: Schematische Darstellung einer Fischtreppe mit einem Einstieg (oben) sowie einer Fischtreppe mit zwei Einstiegen (unten). Grün sind die möglichen Aufstiegswege der Fische eingezeichnet. Rot dargestellt sind die Standorte der Doppelantennen.

3.3.2 Erläuterungen: Einfluss der Anzahl Antennen auf Studienergebnisse

Dank dem Doppelantennen-Versuchsaufbau können *deutlich mehr Parameter* berechnet werden. Ebenfalls sehr wichtig ist die deutlich verbesserte *Fehlerkorrektur*. Auch die *Detektionseffizienzen* der einzelnen Antennen sind so berechenbar. Ausserdem ist die *Schwimmrichtung* der Fische bekannt und somit kann auch die *Position der Fische* berechnet werden. Zudem erlaubt dieser Versuchsaufbau die gleichzeitige Untersuchung des *Fischabstiegs über die FAH*.

Für eine detaillierte Begründung wird auf die Dokumentation verwiesen.

3.4 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle

3.4.1 Sicherstellung Funktionalität

Um die Funktionalität der Installationen verlässlich zu gestalten, ist es wichtig, dass folgende Punkte eingehalten werden:

- Erste Antenne am Eingang in den Fischpass (zuunterst).
- Letzte Antenne am Ausgang aus dem Fischpass (zuoberst).
- Max. ein Becken Abstand zwischen zwei Doppelantennen bei FAH mit Becken (z.B. Beckenpass).
- Max. 5-10 m Abstand bei FAH ohne Becken (z.B. Umgehungsgerinne).
- Die Antennen müssen min. ein bis zwei Wochen vor dem Versuchsstart (1. Markierungskampagne) in Betrieb genommen werden.

3.4.2 Sicherstellung Qualität

Zusätzlich braucht es eine nachvollziehbare und überprüfbare Qualitätskontrolle, die über die Projektlaufzeit rapportiert wird und schlüssig sein muss.

Folgende Methoden zur Qualitätssicherung sind notwendig:

- Ein Marker-Tag[1] pro FAH (z.B. an unterster Antenne) resp. bei FAH mit Mehrfacheinstiegen ein Marker-Tag pro Aufstiegspfad.
- Regelmässige Überprüfung der Funktionalität aller Antennen. Dazu müssen Tests vor Ort durchgeführt werden. Die Reichweiten aller Antennen müssen ausreichend sein und dürfen keine Empfangslücken aufweisen (Abbildung 3-3). Ein mögliches standardisiertes Messverfahren wird im Bericht beschrieben.

Daneben können auch alternative, automatisierte Verfahren zur Qualitätssicherung angewendet werden (z.B. Antennentuning, Aufzeichnung Antennenstatus, Überprüfung Aktivität, automatisierte Downloads etc.). Diese können die oben genannten Verfahren teilweise ersetzen.

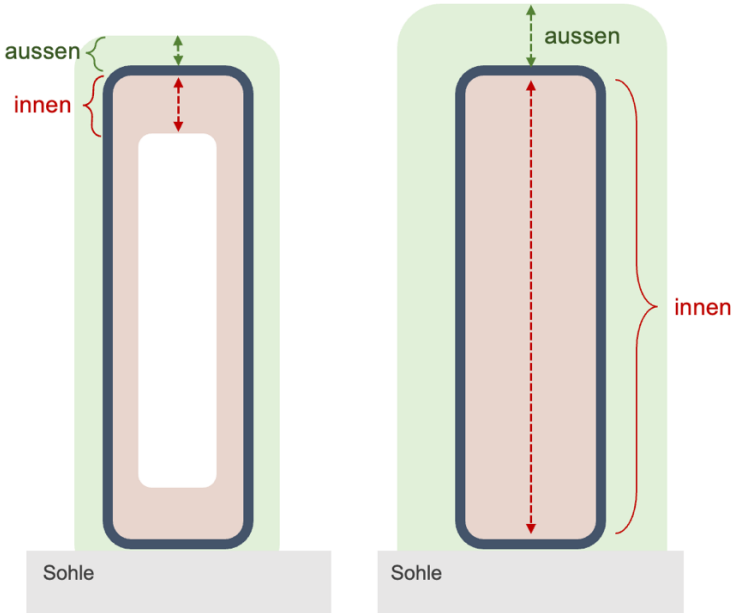

Abbildung 3-3: Beispiel einer stehenden Antenne (dunkelblau) in einem Schlitz einer FAH, die eine ungenügende Reichweite mit Empfangslücke in der Mitte aufweist (links) und einer stehenden Antenne, die eine ausreichende Reichweite ohne Empfangslücke aufweist.

[1] „Marker-Tags“ sind Boxen, die ein elektromagnetisch geschütztes PIT-Tag enthalten. Dieser Schutz kann über eine Steuerung in einem bestimmten Intervall aufgehoben werden, so dass das Tag durch die Antenne, in deren Feld sich das Marker-Tag befindet, gelesen werden kann. Eine Zeitreihe von Marker-Tag-Aufnahmen zeigt Empfangslücken an.