Integration von Videomonitoring-Systemen in Fischaufstiegsanlagen

Dieser Fachbeitrag fokussiert sich auf die technischen Aspekte der Integration von Videomonitoring-Systemen für die Erfolgskontrolle (DE) bzw. die biologische Wirkungskontrolle (CH) in Fischaufstiegsanlagen. Es werden Installationsmethoden sowie die damit verbundenen Herausforderungen und Lösungsansätze aufgezeigt. Hierdurch können Monitoringeinrichtungen realisiert werden, die den standortspezifischen Dimensionierungsvorgaben entsprechen, so dass Fische in ihrem Migrationsverhalten nicht negativ beeinflusst und damit effektiv erfasst werden können.

Matthias Meyer, Bernd Mockenhaupt, Frederic de Schaetzen, Maria Schmalz und Christian Haas

1 Einleitung

Die Integration von Videomonitoring-Systemen im Rahmen der Erfolgskontrolle (DE) bzw. der biologischen Wirkungskontrolle (CH) stellt spezifische Anforderungen an die Konstruktion von Fischaufstiegsanlagen (FAA) dar. In diesem Fachbeitrag werden unterschiedliche Ansätze und Techniken vorgestellt, die es ermöglichen, Kamerasysteme effizient in verschiedene Bauformen von FAA zu integrieren, so dass Fische in ihrem Migrationsverhalten nicht negativ beeinflusst werden und damit effektiv erfasst werden können.

2 Einbauweisen für Videomonitoring-Systeme in Fischaufstiegsanlagen

2.1 Fischaufstiegsanlagen im Nebenschluss

FAA im Nebenschluss umgehen ein Hindernis (z. B. Wehr, Wasserkraftanlage) in Form eines Gerinnes mit meist beckenartiger Struktur. Sie nutzen nur einen Teil des Abflusses des Gewässers. Diese FAA werden nach DWA-Merkblatt M 509 entsprechend der standörtlichen Fischfauna, der Fischregion und der Kraftwerksanlage dimensioniert [1]. Insbesondere in Schlitzpässen, aber auch in weiteren Bauformen wurden umfangreiche Videomonitorings zu deren fischökologischen Funktionalität realisiert. Zwar liegt bislang keine formale Definition einer anerkannten Regel der Technik durch ein unabhängiges Regelwerk vor, jedoch deuten zahlreiche dokumentierte Anwendungen und Projekterfahrungen auf eine weitgehend etablierte und konsensbasierte fachliche Praxis im Bereich des Videomonitorings hin.

Bei gerinneartigen Bauformen hat sich etabliert, die Monitoringeinrichtung am oberen Ende der FAA zu installieren. So erfolgt bspw. bei Schlitzpässen die Installation möglichst oberhalb des in Strömungsrichtung ersten Schlitzes. Bei Sonderlösungen muss die Installation von Kamerasystemen auf die spezifischen Eigenschaften und Anforderungen der jeweiligen FAA abgestimmt werden, um die Überwachungseffizienz zu maximieren und die Funktionalität der Anlage nicht zu beeinträchtigen.

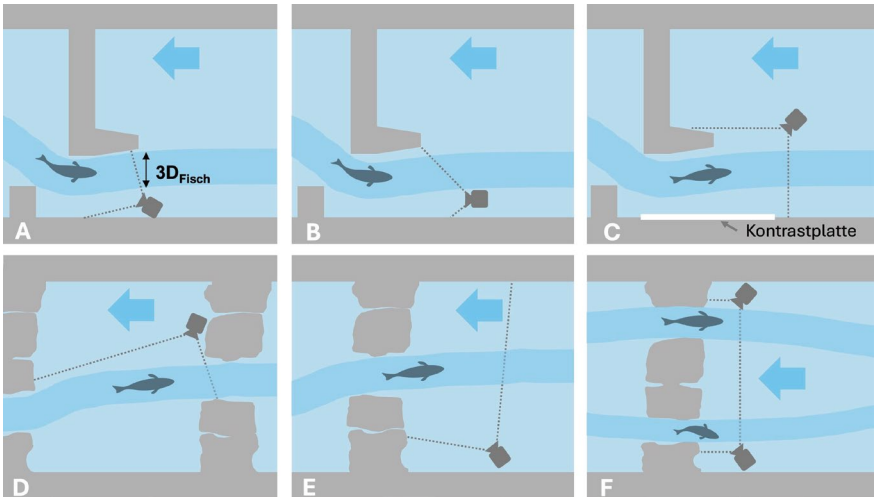
Durch den Einbau einer Monitoringeinrichtung dürfen die Mindestanforderungen an eine FAA nach den aktuellen Regeln der Technik [1] nicht negativ verändert werden. Der Betriebsdurchfluss sowie die Leistungsdichte der FAA darf nicht tangiert werden. Dies bedeutet zum einen, dass das Kamerasystem die baulichen und hydraulischen Eigenschaften der FAA nicht negativ verändern darf, z. B. durch die Schaffung von neuen Engstellen. Zum anderen sollte im Idealfall auch das Verhalten der aufstiegswilligen Fische nicht beeinträchtigt werden. Für die Dimensionierung von Kamerasystemen bedeutet dies, dass dieselben Planungswerte, die der FAA zugrunde gelegt wurden, auch auf die Monitoringeinrichtung übertragen werden müssen. Im Rahmen der FAA-Planung erfolgt in der Regel auf Basis der potenziellen standörtlichen Fischfauna eine Ableitung der fischökologisch relevanten Dimensionierungsgrößen, wie z. B. der Bemessungsfischart sowie deren Länge und absoluten Dicke. Diese Planungswerte sollten auch bei der Realisierung der Monitoringeinrichtung zugrunde gelegt werden.

Nach dem DWA-Merkblatt M 509 und den hergeleiteten Breiten für den Wanderkorridor in Abhängigkeit der Breite des Videomonitoring-Systems im Wanderkorridor müssen beispielsweise für die Bemessungsfischart Lachs (*Salmo salar*) mit einer Bemessungsfischlänge von 100 cm und einer absoluten Breite (D_{Fisch} [cm]) von 10 cm die folgenden Werte bezüglich der lichten Breite des Wanderkorridors eingehalten werden [1]:

- Punktuelle Engstelle, 3 x D_{Fisch} = 30 cm
- Engstelle bis 2 m, 6 x D_{Fisch} = 60 cm
- Engstelle über 2 m, 9 x D_{Fisch} = 90 cm

Kompakt

- Die Monitoringeinrichtung sollte am Ausstieg der Fischaufstiegsanlage (FAA) installiert werden.
- Das Kamerasystem muss so integriert werden, dass die Hydraulik und die Dimensionierung der FAA nicht negativ beeinflusst wird.
- Die Mindestanforderungen können aus dem DWA-Merkblatt M 509 abgeleitet werden.



© Haas

Bild 1: Beispiele für die Implementierung von kompakten Unterwasserkamerasystemen in FAA, es muss insbesondere bei kompakten Systemen darauf geachtet werden, dass die Systeme mit etwas Abstand zum überwachenden Bereich eingebaut werden, um sicherzustellen, dass der gesamte Wanderkorridor insbesondere von der Sohle bis an die Wasseroberfläche überwacht wird

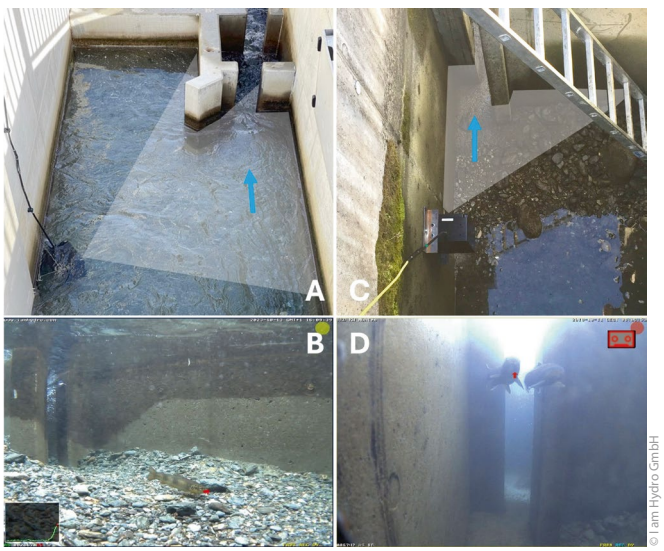
2.1.1 Integration von kompakten Kamerasystemen

Kompakte Unterwasserkameras können, sofern sie den Wanderkorridor einengen, als punktuelle Engstelle betrachtet werden. Nach DWA-Merkblatt M 509 darf in diesem Fall die Breite der Verengung des Wanderkorridors nicht kleiner als 3 x der Breite der Bemessungsfischart D_{Fisch} [cm] betragen (**Bild 1**).

Kompakte Kamerasysteme bieten den Vorteil, dass sie flexibel nach der Fertigstellung der Anlage integriert werden können. Dies betrifft vor allem FAA, bei denen die Videoüberwachung nicht von Anfang an mit eingeplant wurde und eine Nachrüstung erforderlich ist. Außerdem können sie konform zum technischen Standard (de Schaetzen et al. [14]) so eingebaut werden, dass sie keine Engstelle oder nur eine punktuelle Engstelle im Wanderkorridor darstellen, was die Einschnürung des Wanderkorridors auf bis zu 3 x D_{Fisch} [cm] nach DWA zulässt. Kompakte Systeme ohne Peripherie lassen sich kostengünstig mit einfachen Halterungen (**Bild 2**) insbesondere für kurzzeitige Einsätze einbauen, jedoch ist auch hier die einfache Zugänglichkeit und Reinigung des Systems sicherzustellen [15]. Je nach Trübung des Wassers muss die Kamera zunehmend näher an der gewünschten Überwachungsstelle platziert werden, wobei der potenzielle Einfluss auf Dimensionierung und Hydraulik der FAA zu beachten ist. Die optimale Positionierung kompakter Kamerasysteme in einer FAA ist entscheidend für die Qualität der gesammelten Daten. Kameras sollten so installiert werden, dass sie den gesamten Wanderkorridor erfassen können, ohne dabei das Verhalten der Fische zu stören oder die physische Struktur und die hydraulischen Eigenschaften der FAA negativ zu beeinflussen. Eine ideale Kameraposition ermöglicht eine gute Sicht auf den gewählten Untersuchungsbereich und erfasst die Fische in einer natürlichen Durchwanderungssituation.

Generell bietet die Ausrichtung von in Fließrichtung geneigten Kamerasystemen einige Vorteile. Insbesondere beim Aufkommen von Treibgut oder Luftblasen treiben diese nicht auf den Kamerasensor zu, sondern entfernen sich und haben so einen geringeren Einfluss auf die Bildqualität. Eine Neigung der Kamera in oder gegen die Fließrichtung bietet zusätzlich den Vorteil, dass sich der überwachte Wanderkorridor vergrößert, Fische somit länger im Sichtfeld der Kamera sind und tote Winkel, in denen ein Fisch die Kamera unbemerkt passieren könnte, vermieden werden. Empfohlen werden kann insbesondere in Schlitzpässen bei guten Sichtbedingungen stromab ein Neigungswinkel von 30°, da diese Ausrichtung in Verbindung mit einem Öffnungswinkel der Kamera von ca. 90° bis 100° eine optimale Abdeckung des Wanderkorridors bietet (**Bilder 1** und **2**) und sichergestellt wird, dass Fische im Wanderkorridor gut erfasst werden.

Die Installation direkt in die Anlage bietet zudem die Möglichkeit, mehrere Kameras einzusetzen, da hierzu außer einem geeigneten Befestigungsgestell meist keine weiteren Einbauten nötig sind. So ist es bspw. sinnvoll vor allem bei Sonderbauweisen, wie Fischschleusen oder Fischliften, auch Kameras im unterwasserseitigen Einschwimmbereich zu positionieren, um feststellen zu können, wie sich der alternierende Betrieb auf die Funktionsfähigkeit auswirkt und ob genügend Fische in die FAA einschwimmen [2].



© I am Hydro GmbH

Bild 2: Kompakte Unterwasserkamerasysteme zur Erfassung von Fischbewegungen oberhalb der jeweils ersten Schlitze in Beckenpässen. Ausrichtung der Kamera auf den Schlitz (Sichtfeld der Kameras in (A) & (C) weiß hinterlegt), das Kamerabild (B) ist in der Situation (A) mit einer Neigung der Kamera von 30° in Richtung stromab aufgenommen und passierende Fische werden in der Seitenansicht erfasst, die Kamera (C) wurde mit dem Sichtfeld parallel zur Beckenwand installiert, das dazugehörige Unterwasserbild (D) zeigt die so häufig entstehenden Bilder bei denen die Fische auf das Kamerasystem zuschwimmen

Ebenso können bei sehr großen Durchtrittsöffnungen mehrere Kameras eingesetzt werden, um das Blickfeld zu vergrößern. An der Kamera oder am Gestell sollten möglichst keine hervorstehenden Teile oder Ausleger vorhanden sein, hervorstehende Bauteile begünstigen Treibgutansammlungen, was zu Bildstörungen, unnötigem Speicherverbrauch durch Fehlauslösungen und potenziellen Systemausfällen führen kann. Die mechanische Belastung kann im Extremfall zum Verlust der Systeme führen.

Umfasst das Kamerasystem Anlagenteile, die oberhalb der Wasseroberfläche installiert werden, so sind diese im Schatten, ohne direkte Sonneneinstrahlung zu positionieren, so dass das Risiko einer Überhitzung des Stromkastens etc. ausgeschlossen werden kann. Alle Anlagenteile oberhalb der Wasseroberfläche, die einem potenziellen Hochwasserrisiko unterliegen, müssen wasserdicht oder außerhalb des Hochwassereinflussbereiches eingebaut werden.

2.1.2 Integration von Kamerasystemen mit Konus und Videotunnel

Kamerasysteme mit Konus und Videotunnel sollten ebenso wie die kompakten Systeme optimalerweise im einleitenden Kanal der FAA ohne oberhalb liegende Engstelle (z. B. Schlitz) positioniert werden, um den Eintrag von Luftblasen und eine Änderung der Beckenhydraulik durch die eingebrachte Struktur zu vermeiden. Wenn ein einleitender Kanal nicht vorhanden ist, sollte der Videotunnel im obersten Becken der Anlage eingeplant werden, jedoch ist ein Standardbecken dafür in der Regel nicht ausreichend dimensioniert. Bei Installation im Becken wird von der eingebauten Konstruktion ein Mindestabstand von 1,5 m zur unterstromigen und 3 m zur oberstromigen Engstelle (z. B. Schlitz) empfohlen. Bei der Verwendung eines Kamerasystems mit Konus oder eines Videotunnels ist es von Vorteil, wenn an der Einbaustelle kein Gefälleabbau vorliegt.

Kamerasysteme mit Konus und Videotunnel stellen nach DWA keine punktuellen Engstellen mehr dar. Daher sollte bei Systemen bis 2 m Länge grundsätzlich die Breite des Wanderkorridors nach DWA nicht weniger als 6 x der Breite der Bemessungsfischart D_{Fisch} [cm] betragen, um einen Einfluss auf die Passierbarkeit auszuschließen. Abweichungen müssen zwingend begründet und bei der Auswertung der Daten diskutiert werden. Diese Vorgaben können bei erhöhter Wassertrübung zu Einschränkungen bei der Fischerfassung und damit der Aussagekraft der Ergebnisse des Videomonitorings führen.

Daher wird von den Autoren folgender Lösungsansatz vorgeschlagen: Im DWA-Merkblatt M 509 wird derzeit nicht konkret aufgezeigt, wie die Breite des Wanderkorridors zwischen einer punktuellen Engstelle von bis zu 0,30 m und einer Engstelle bis 2 m in der Praxis konkret auszulegen ist [1]. So könnte unter der Annahme, dass eine punktuelle Engstelle einer Verengung mit einer Länge bis 0,30 m entspricht, für den Multiplikationsfaktor der Breite Y eine lineare Regression zwischen der punktuellen Engstelle und einer Engstelle bis 2 m Länge gebildet werden (**Bild 3**):

$$Y = 0{,}0176 \text{ x Länge der Engstelle [cm]} + 2{,}4706 \qquad (1)$$

Y entspricht dabei dem Faktor, der mit der Bemessungsfischdicke multipliziert wird, um die minimal mögliche Einengung der Engstelle B, abhängig von der Länge der Engstelle, zu errechnen:

$$B = Y \text{ x } D_{Fisch} \qquad (2)$$

Dieser pragmatische Lösungsansatz würde die Planung und Realisierung von Monitoringeinrichtungen vereinfachen und stellt nach der Sichtweise der Autoren einen möglichen Lösungsansatz dar, um z. B. bei erhöhter Wassertrübung eine akzeptable Videoqualität zu erreichen. Unter dieser Annahme könnten bspw. Videotunnel bei einer Länge von 100 cm mit einer lichten Breite von ca. 4 x D_{Fisch} der Bemessungsfischart anstelle von 6 x D_{Fisch} (**Bild 4**) geplant werden (4,23 x D_{Fisch} [cm] = 0,0176 x 100 cm + 2,47), sofern keine hydraulischen Gründe dagegensprechen.

Für die Installation von größeren Kamerasystemen, wie solchen mit einem Kamerakonus und Videotunnel, sind aufgrund des erhöhten Platzbedarfs spezifische bauliche Anpassungen erforderlich, die bereits in der Planungsphase der FAA berücksichtigt werden sollten (**Bild 4**). Entsprechend den Hinweisen bei Schaetzen et al. [14] muss ein solcher Einbau so erfolgen, dass die Funktionalität der FAA nach den aktuellen Regeln der Technik erhalten bleibt. Dies beinhaltet neben der Dimensionierung der Videomonitoring-Einrichtung in Breite und Höhe auch die Integration einer rauen Sohle bei Videotunneln.

In der Regel wird ein Videotunnel in einen Rahmen eingebaut, der beidseitig mit schräggestellten Leitrechen <45° ausgestattet ist. Die lichte Weite (= Stababstand) des Leitrechens sollte standortspezifisch angepasst werden, so dass die je nach Zielvorgabe des Monitorings größtmögliche Weite realisiert wird, um eine hydraulische Beeinflussung der FAA so gering wie möglich zu halten. Um mögliche Vermeidungsreaktionen von Fischen auszuschließen, muss die

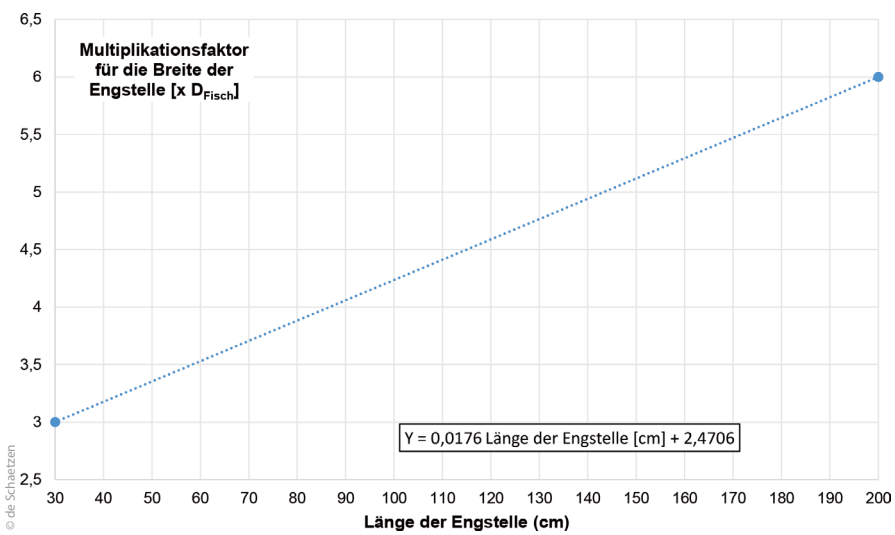


Bild 3: Lineare Regression zwischen der punktuellen Engstelle und einer Engstelle bis 2 m Länge, die minimale Breite einer Engstelle entspricht in der Regel Minimum 3 DFisch

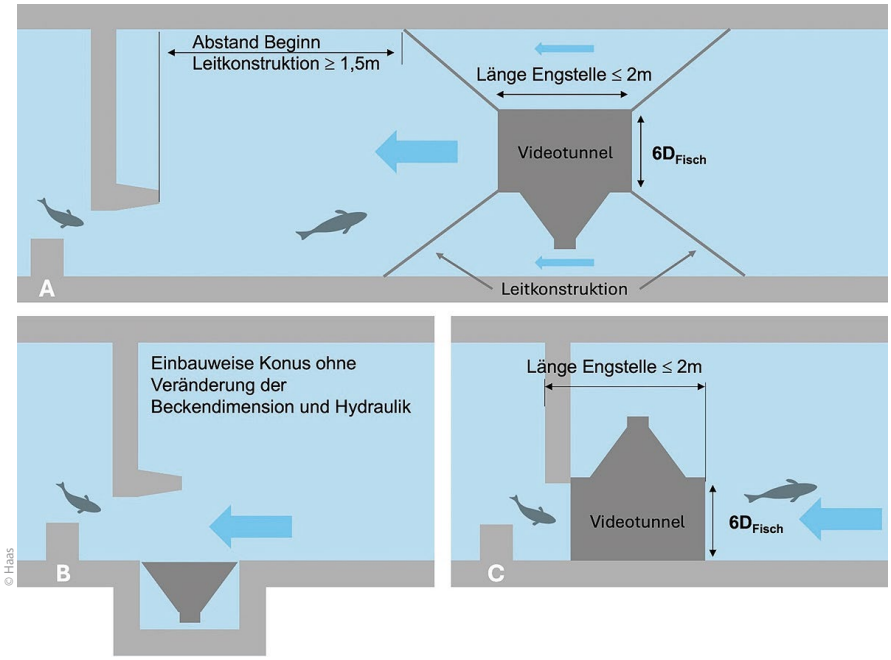


Bild 4: A) Integration eines Videotunnels mit einer Leitkonstruktion, welche eine Umströmung des Systems zulässt, die Konstruktion aus Tunnel und Leitrechen sollte mindestens 1,5 m von der darunter liegenden Engstelle entfernt sein, eine oberhalb liegende Engstelle sollte mindestens 3 m entfernt sein; B) Integrationsbeispiel eines Konus, so dass durch den Einbau die Hydraulik der FAA nicht beeinflusst wird; C) Integration eines Videotunnels im Bereich des ersten Schlitzes der FAA nach DWA; in allen Installationsbeispielen wird eine Ausführung empfohlen, die die gesamte Wassersäule überwacht

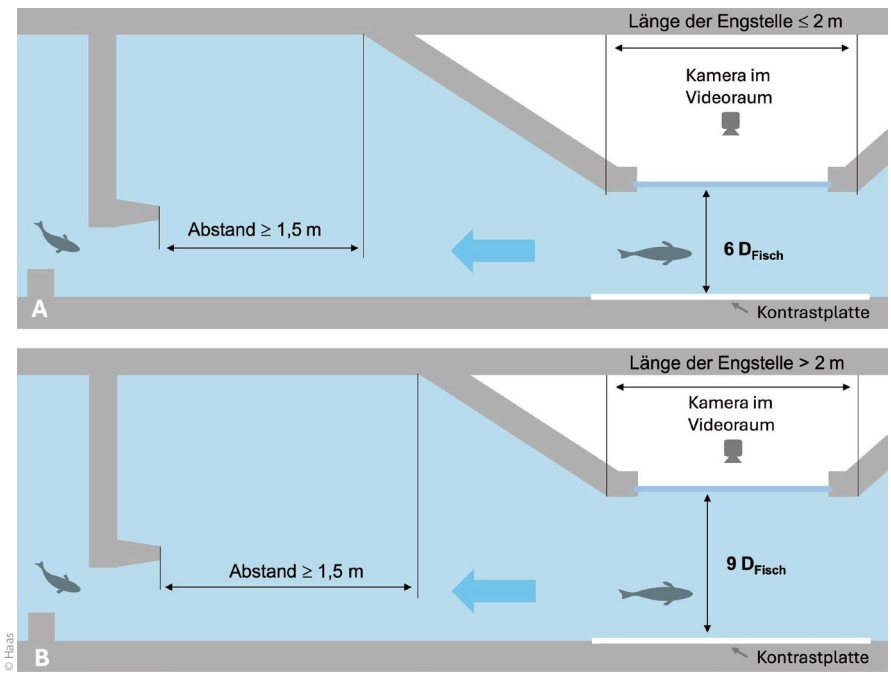


Bild 5: A) Videomonitoring mittels Überwachungsraum mit einer Länge der Engstelle unter 2 m ist eine Breite des Wanderkorridors nach den Regeln der Technik von mindestens 6 x D_{Fisch} zu realisieren; B) Videomonitoring mittels Überwachungsraum mit einer Engstelle, die 2 m Länge übersteigt, ist eine Breite des Wanderkorridors von mindestens 9 x D_{Fisch} zu realisieren

Wassertiefe im Tunnel nach DWA min. 2,5 x der Höhe der Bemessungsfischart H_{Fisch} [cm] betragen [1]. Die Autoren empfehlen eine Wassertiefe im Tunnel, die der Wassertiefe der FAA entspricht. Je nach Breite der FAA im Bereich des Monitorings kann ein zusätzliches Gestell mit Leitrechen (Führungsgestell) notwendig werden. Die Gesamtmaße des Videotunnels inklusive Rahmen und Führungsgestell variieren je nach Beckenbreite und Winkel der Leitrechen und sollten daher sorgfältig geplant werden.

Leitrechen müssen regelmäßig gesäubert werden. Dies kann nach Möglichkeit im Wasser geschehen, z. B. durch drehbare Konstruktionen. Videotunnel, die in einem Rahmen installiert sind, können nicht einfach von Hand eingebaut oder gehoben werden. Solche Monitoringeinrichtungen benötigen für den Unterhalt und die Wartung eine entsprechende Hebevorrichtung, wie einen Portal- oder Säulenschwenkkran. Verwendbar sind auch handbetriebene Kettenzüge, jedoch werden aus Gründen der Effektivität elektrische Kettenzüge empfohlen [16]. Dies erhöht den Installationsaufwand, trägt jedoch zur Langlebigkeit und Effizienz des Monitorings bei. Die Notwendigkeit eines hochwassersicheren Starkstromanschlusses ist hierbei zu prüfen.

2.1.3 Überwachungsräume

Bei der Integration von Überwachungsräumen in FAA gelten wie bei den vorher diskutierten Lösungen die entsprechenden Werte, was die Breite des Wanderkorridors in Abhängigkeit von der Länge der Engstelle angeht. Bei einer Engstelle des Videoraumes

© Kraftwerke Oberhasli AG

Bild 6: A) Videomonitoring-Einrichtung mit Kameratunnel und Fischleitsystem im Fließgewässer, ausgelegt auf die Zielart Seeforelle; B) mögliche Einbauweise von Kamerasystemen in FAA mit Beckenstrukturen, jeder potenzielle Wanderkorridor wird separat überwacht

von unter 2 m Länge darf die Breite des Wanderkorridors nicht weniger als 6 x D_{Fisch} [cm] betragen (**Bild 5A**). Bei einer Engstelle von über 2 m Länge darf die Breite des Wanderkorridors nicht weniger als 9 x D_{Fisch} [cm] betragen (**Bild 5B**). Jedoch könnte auch bei Überwachungsräumen der in Kapitel 2.1.2 vorgeschlagene Lösungsansatz mittels Regression je nach Länge der Engstelle aus Sicht der Autoren Anwendung finden.

2.2 Fischaufstiegsanlagen im Hauptgerinne und große Umgehungsgewässer

Unter der Bezeichnung FAA im Hauptschluss oder Hauptgerinne werden Bauformen wie aufgelöste Blockrampen und Rampen mit Beckenstrukturen, welche die gesamte Breite des Gewässers einnehmen, bezeichnet. Für diese Bauformen ist charakteristisch, dass der gesamte Abfluss des Fließgewässers über das Bauwerk abfließt. In diesem Kapitel werden auch große Umgehungsgewässer (MQ > 1 m³/s) miteinbezogen, obwohl diese Bauform eigentlich zu den FAA im Nebenschluss gehört.

Bei FAA im Nebenschluss, wie z. B. Schlitzpässen, ist der Wanderkorridor in der Regel durch eine Engstelle (z. B. Schlitz) räumlich begrenzt. Im Vergleich hierzu weisen FAA im Hauptgerinne je nach Bauform über die gesamte Gewässerbreite mehrere Wanderkorridore auf. Zudem sind die hydraulischen Bedingungen nicht stabil und lassen sich nicht limitieren wie bei Bauwerken im Nebenschluss. Hochwasserabflüsse, Geschwemmsel und Geschiebe werden abgeführt und können ein hohes Risiko für die Videomonitoring-Einrichtung darstellen.

Im vergangenen Jahrzehnt konnte ein Videomonitoring-Pilotprojekt in einem größeren Umgehungsgewässer in Österreich [3] und mehrere im Hauptgerinne in Schweizer Fließgewässern erfolgreich umgesetzt werden [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Dennoch muss explizit darauf hingewiesen werden, dass der Wissensstand im Vergleich zu Monitoringanwendungen von FAA im Nebenschluss derzeit deutlich geringer ist. Die in der Schweiz realisierten Projekte wurden im Wesentlichen im Rahmen von biologischen Wirkungskontrollen bzw. Erfolgskontrollen in Restwasserstrecken in der Forellenregion ausgeführt und sind adaptierbar für Untersuchungen in FAA im Hauptgerinne. Jedoch bedarf jeder Standort eigene Lösungen und weiterführende Abklärungen.

2.3 Überwachung des Wanderkorridors und Hochwassersicherheit sowie Geschiebetrieb

Generell gelten für biologische Wirkungskontrollen mit Videomonitoring an Bauformen im Hauptgerinne dieselben Mindestanforderungen wie für FAA im Nebenschluss. Eine fischökologisch funktionsfähige Monitoreinrichtung ist im Abflussspektrum zwischen Q_{30} bis Q_{330} zu gewährleisten, kann hier jedoch eine besondere Herausforderung darstellen. Da viele der Bauformen von FAA im Hauptgerinne in der Forellenregion umgesetzt wurden, fällt das Abflussspektrum im Untersuchungszeitraum oftmals deutlich kleiner aus. So ist meist ein Untersuchungszeitraum für FAA in der Forellenregion im Herbst von nur zwei Monaten vorgesehen.

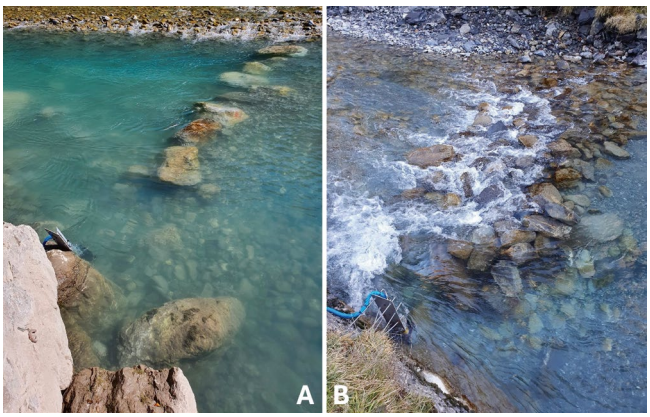
2.3.1 Überwachung des Wanderkorridors

Für große Umgehungsgewässer oder aufgelöste Blockrampen muss der Wanderkorridor für Fische im Oberwasser oder am oberen Ende der FAA durch ein Fischleitsystem eingeschränkt werden. In Nordamerika wurden traditionell Fischleitsysteme zum Fang von Lachsen eingesetzt [10], seit über 20 Jahren auch in Kombination mit Videomonitoring [11]. In Österreich und der Schweiz kamen im Rahmen von Videomonitoring-Projekten die Fischleitsysteme nach Mühlbauer et al. [12] und Meyer et al. [13] (**Bild 6A**) zur Anwendung [3], [4], [5], [8]. Das Fischleitsystem muss entsprechend der standörtlichen Fischfauna ausgelegt sein und sollte so positioniert werden, dass aufsteigende Fische in den Überwachungsbereich geleitet werden. Die Bereiche im Fließgewässer mit den größten Wassertiefen stellen in der Regel den Hauptwanderkorridor für Fische dar. In diesem Terrain sollte der Überwachungsbereich für das Kamerasystem positio-

Tabelle 1: Empfohlene Ausgestaltung der Videomonitoring-Einrichtungen bei unterschiedlichen Bauformen von FAA im Hauptgerinne und bei großen Umgehungsgewässern (Quelle: Meyer et al.)

	Abfluss MQ (m³/s)	Kamera	Fischleitsystem mit Kamera	Fischleitbuhne mit Kamera
Aufgelöste Blockrampe	>1,5	-	++	-
	<1,5	-	++	+
Rampe mit Beckenstrukturen	>1,5	+	++	-
	<1,5	++	++	+
Große Umgehungsgewässer	>1,5	-	++	-
	<1,5	-	++	+

- = ungeeignet; + = geeignet; ++ empfohlen



© Kraftwerke Oberhasli AG

Bild 7: A) Einbauweise eines Kamerasystems mit maschinell realisierter Fischleitbuhne; B) Einbauweise eines Kamerasystems mit händisch gebauter Fischleitbuhne

niert werden. Zur Anwendung können ein Kamera-Konus mit oder ohne Tunnel sowie Kameras ohne Konus kommen. Die Mindestanforderung an die Dimensionierung der FAA dürfen nicht durch die Monitoringeinrichtung unterschritten werden, gleichzeitig darf die Engstelle zur Überwachung nicht den Registrierungsbereich der Kamera übersteigen. Gegebenenfalls kann durch den Einbau von zwei gegenüber positionierten Kameras der Registrierungsbereich vergrößert werden.

Bei FAA mit Beckenstrukturen kann die Überwachung jedes quer zur Fließrichtung vorhandenen Schlitzes der obersten Beckenstruktur mittels eines Kamerasystems erfolgen (**Bild 6B**). Bei der Überwachung von Schlitzen in Naturbauweise wird empfohlen, auf die Verwendung von Kameratunneln zu verzichten. Bei einer Anzahl von mehr als fünf quer zur Fließrichtung positionierten Schlitzen kann ein erhöhter Datenauswertungsaufwand auftreten, wobei in dieser Ausgangslage empfohlen wird, die Verwendung eines Kamerasystems mit Fischleitsystem im Oberwasser der FAA weiterzuverfolgen.

Bei FAA im Hauptgerinne mit mittleren Abflüssen kleiner als ca. 1,5 m^3/s kann anstelle eines Fischleitsystems die Verwendung einer Fischleitbuhne zur Einschränkung des Wanderkorridors Vorteile bieten (**Bild 7**) [6], [7]. Eine Fischleitbuhne wird im Oberwasser der FAA, optimalerweise im Gleithang des Fließgewässers, errichtet. Auf der gegenüberliegenden Gewässerseite im Prallhang wird eine Kamera mit der Ausrichtung auf die Leitbuhne installiert. Die Mindestanforderung an die Dimensionierung der FAA dürfen nicht durch die Monitoringeinrichtung unterschritten werden. Ebenso muss beachtet werden, dass durch den Aufstau bei Errichtung einer Fischleitbuhne die hydraulischen Bedingungen in der verbleibenden Öffnung nicht das Schwimmvermögen der Zielfischart überschreiten. Gleichzeitig muss die Fischleitbuhne in den Registrierungsbereich der Kamera ragen. Eine Fischleitbuhne ist im Vergleich zum Fischleitsystem erheblich wartungsärmer und zugleich kostengünstiger. Bei höheren Abflüssen muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine Fischleitbuhne früher in der fischökologischen Leitwirkung eingeschränkt wird als ein Fischleitsystem. Als praktikabel hat sich der Einsatz von Fischleitbuhnen in Restwasserstrecken erwiesen, da in diesen Gewässerabschnitten mit konstanteren Abflussbedingen zurechnen ist [6], [7].

Die schlussendliche Gestaltung der Monitoringeinrichtung sollte auf Basis einer Kosten-Nutzen-Abwägung erfolgen. In der **Tabelle 1** sind FAA-Bauformen sowie die empfohlene Ausgestaltung der Videomonitoring-Einrichtungen dargestellt.

2.3.2 Hochwassersicherheit und Geschiebetrieb

Die Stabilität der Monitoringeinrichtung (Kamerasystem und Fischleitsystem) ist auf eventuell auftretende Hochwasserabflüsse im Untersuchungszeitraum auszulegen (**Bild 8A**). Die Kamera und deren Bestandteile sollten in der Ufersicherung oder an Steinblöcken (**Bild 7**), die auf das Bemessungshochwasser ausgelegt sind, befestigt werden. Sind keine geeigneten Befestigungssteinblöcke im Gewässerraum vorhanden, können maschinell Wasserbausteine eingebracht und positioniert werden (**Bild 8D**). Die Versorgungskabel des Kamerasystems sollten in einem Schutzrohr in der Gewässersohle verlegt werden.

An Fließgewässern mit hohem Geschiebetrieb sollten aufgrund des hohen Schädigungspotenzials auf Kameratunnel verzichtet oder entsprechend Schutzvorkehrungen getroffen werden. Befestigungssteinblöcke, Kamerahalterungen und Schutzrohre können bereits bei der Planung und dem Bau der FAA mitberücksichtigt werden.

Der Aufwand für die Reinigung und Instandhaltung eines Fischleitsystems kann den Aufwand und die Kosten eines Videomonitoring-Projektes erheblich steigern. Insbesondere im Herbst und bei ansteigenden Abflüssen kann eine permanente Reinigung notwendig sein (**Bild 8B**). Schäden bis hin zum Verlust des Fischleitsystems oder der Kameraeinrichtung können an Standorten im Hauptgewässer, selbst bei akribischer

© Kraftwerke Oberhasli AG

Bild 8: A) Videomonitoringeinrichtung mit Kameratunnel und überströmten Fischleitsystem im Hochwasserfall; B) mit Geschwemmsel verklaustes Fischleitsystem, zur Gewährleistung der fischökologischen Wirksamkeit kann eine permanente Reinigung erforderlich sein; C) Kamerasystem und überströmte Fischleitbuhne im Hochwasserfall; D) Wiederherstellung einer Fischleitbuhne nach Hochwasserereignis

Planung, nicht restlos ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, eine vollständige Reservemonitoring-Einrichtung bereitzustellen, um eine kontinuierliche Datenerhebung im Untersuchungszeitraum zu gewährleisten.

3 Schlussfolgerung

Die erfolgreiche Integration von Videomonitoring-Systemen in FAA ist entscheidend für die effektive Überwachung aufsteigender Fische im Rahmen der Erfolgskontrolle (DE) bzw. der biologischen Wirkungskontrolle (CH). Dieser Fachbeitrag zeigt auf, wie Monitoringeinrichtungen in bestehende und neue FAA so eingebaut werden können, dass die standortsspezifischen Dimensionierungsansprüche und Vorgaben an die Hydraulik nicht negativ beeinflusst werden.

Im Beitrag Haas et al. [16] wird durch unterschiedliche Beispiele aufgezeigt, wie die Integration von Videomonitoring-Systemen in FAA erfolgreich umgesetzt wurde.

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Meyer
Dr. sc. ETHZ Frederic de Schaetzen
Kraftwerke Oberhasli (KWO)
Grimselstrasse 19
3862 Innertkirchen, Schweiz
matthias.meyer@kwo.ch
frederic.deschaetzen@kwo.ch

Dipl.-Biol. Bernd Mockenhaupt
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
mockenhaupt@bafg.de

Dipl.-Biol. Maria Schmalz
Fischökologische & Limnologische
Untersuchungsstelle Südthüringen (Fluss)
Koppewiese 2
98553 Schleusingen
maria.schmalz@fluss-im-netz.de

Dipl.-Ing. Christian Haas
I am Hydro GmbH
Leopoldstraße 1
78112 St. Georgen
christian.haas@iamhydro.com

Matthias Meyer, Bernd Mockenhaupt, Frederic de Schaetzen, Maria Schmalz and Christian Haas

Integration of videomonitoring system in upstream fish passes

This article focuses on the technical aspects of applying video monitoring systems for the performance assessment of upstream fish passages. Various installation methods, as well as the associated technical challenges and solutions, are presented and discussed. This will allow for the planning and construction of monitoring systems to comply with site-specific dimensioning requirements, ensuring that fish are not negatively affected in their migratory behavior and can be effectively recorded.

Literatur

[1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter (2014), M 509.

[2] Meyer, M.; Reuther, K.; Zaugg, C.; Meier, M.; Wagner, B.: Sanierung Fischgängigkeit KW-Schifffahrtskanal - Biologische Wirkungskontrollen Fischschleuse. Bericht im Auftrag der Industrielle Betriebe Interlaken, 2024.

[3] Zitek, A.; Kaufmann, T.: Seltene Fischarten bei der Passage der Fischwanderhilfe beim Kraftwerk Melk an der Donau mittels Videomonitoring beobachtet! In: Österreichs Fischerei (2016), Nr. 69, S. 109-113.

[4] Meyer, M.; Schweizer, S.; Ruckli, J.; Greter, R.; Ravessoud, T.: Seeforellenaufsteigerzählung Gadmerwasser 2018. Bericht im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), 2019 (unveröffentlicht).

[5] Greter, R.; Meyer, M.; Pinter, K. et al.: Die Seeforellenlaichwanderung in der Hasliaare 2019 im Kontext abiotischer Faktoren. In: WasserWirtschaft 111 (2021), Heft 2-3, S. 33-40.

[6] Meyer, M.; Reuther, K.; Meier, M.; Wagner, B.; Schweizer, S.: Seeforellenaufsteigerzählung Kander und Simme zur Laichzeit 2021/22. Bericht im Auftrag des Fischereiinspektorats Kanton Bern, 2022 (unveröffentlicht).

[7] Wagner, B.; Meyer, M.; Hammer, T.; Schweizer, S.: Seeforellenaufsteiger-Zählung mittels eines vollintegrierten Unterwasserkamerasystems im Gadmerwasser (Berner Oberland). In: Wasser Energie Luft 114 (2022), Heft 4, S. 232-238.

[8] Reuther, K.; Meyer, M.; Schweizer, S. et al.: Zur Bedeutung des Abflusses auf die Wanderung der Seeforelle. In: WasserWirtschaft 113 (2023), Heft 2-3, S. 12-19.

[9] Meier, M.; Meyer, M..; Hertig, A. et al.: Laichmigration der Lütschine-Seeforelle - Einfluss abiotischer Parameter. In: Wasserwirtschaft 115 (2025), Heft 5, S. 39-41.

[10] Gates, K. S; Laker, J. B; Price, M. A.: Estimation of adult sockeye salmon escapement into Little River Lake using a flexible picket weir and a remote video recorder. In: Technical Report (2024), No. 68, Kenai, Alaska.

[11] Atlas, W. I; Housty, W. G; Béliveau, A. et al.: Ancient fish weir technology for modern stewardship: lessons from community-based salmon monitoring. In: Ecosystem Health and Sustainability 3 (2017), Nr. 6 (doi.org/10.1080/20964129.2017.1341284).

[12] Meyer, M.; Schweizer, S.; Göz, D. et al.: Die Seeforellenweiche - ein mobiles Leitsystem für aufsteigende Wandersalmoniden. In: WasserWirtschaft 105 (2015), Heft 7, S. 39-43.

[13] Mühlbauer, M.; Traxler, E.; Zitek, A.; Schmutz, S.: Das dynamische Fischwehr - Ein hochwassersicheres Fischwehr zur Untersuchung der Fischwanderung in kleinen bis mittelgroßen Flüssen. In: Österreichs Fischerei 56 (2003), Nr. 5/6, S. 136-148.

[14] de Schaetzen, F.; Meyer, M.; Mockenhaupt, B.; Schmalz, M.; Haas, C.: Machbarkeit von Videomonitoring - Entscheidungshilfen und Herausforderungen. In: WasserWirtschaft 115 (2025), Heft 11, S. 18-23.

[15] Mockenhaupt, B.; Schmalz, M.; de Schaetzen, F.; Meyer, M.; Haas, C.: Betrieb und Wartung von Videomonitoring-Systemen in Fischaufstiegsanlagen. In: WasserWirtschaft 115 (2025), Heft 11, S. 39-43.

[16] Haas, C.; de Schaetzen, F.; Meyer, M. et. al.: Praxisbeispiele der Implementierung von Videomonitoring-Systemen an Fischaufstiegsanlagen. In: WasserWirtschaft 115 (2025), Heft 11, S. 44-53.

DOI dieses Beitrags: http://doi.org/10.1007/s35147-025-2584-0

Springer Professional

Fischaufstiegsanlagen

Schwevers, U.; Adam, B.: Funktionsbewertung von Fischaufstiegsanlagen anhand biologischer Parameter. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 1/2023. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2023. https://sn.pub/mqQ3xD

Statt halbes …

▶ Digitaler Zugriff auf über **150.000 Bücher** und mehr als **500 Zeitschriften**! Jetzt sichern unter:

… bestes Wissen aus einer Hand!

Vom Internet der Dinge bis hin zu Compliance: Für Lösungen, die auf ganzer Länge überzeugen, braucht man umfassendes Wissen. Das bietet Ihnen Springer Professional, die große digitale Fachbibliothek für Wirtschaft und Technik. Mit über 3,6 Millionen Volltext-Dokumenten aus Fachzeitschriften und Fachbüchern angesehener Autor*innen und renommierter Verlage. Mit aktuellen Beiträgen und ständig neuen Inhalten. Mit intelligenten Suchfunktionen, unbegrenztem, mobilen Zugriff und vielen weiteren Vorteilen. Jetzt mehr erfahren und Zugriff sichern: **www.springerprofessional.de**

Springer Professional

Fachwissen. Digital. Finden.