Praxisbeispiele der Implementierung von Videomonitoring-Systemen an Fischaufstiegsanlagen

Der Beitrag stellt unterschiedliche Bauformen und Installationskonzepte für das videobasierte Monitoring an Fischaufstiegsanlagen vor. Anhand realisierter Beispiele aus Deutschland, der Schweiz, Österreich, Schweden, Frankreich und Georgien werden die Einsatzmöglichkeiten kompakter Kamerasysteme, Videotunnel, mobiler Leitvorrichtungen sowie stationärer Überwachungsräume analysiert. Der Fokus liegt auf der Einbettung der Systeme in die jeweilige Wanderkorridor-Gestaltung, der funktionalen Umsetzung unter Umweltbedingungen sowie der Ergänzung durch KI-gestützte Auswertung oder klassische Fangmethoden.

Christian Haas, Frederic de Schaetzen, Matthias Meyer, Kristof Reuther, Stefan Kläppe, Chris Pardela, Damien Siedler, Armin Nemitz, Bernd Mockenhaupt und Maria Schmalz

1 Einleitung

Das vorliegende Themenheft der WasserWirtschaft widmet sich ausführlich dem Thema Videomonitoring an Fischaufstiegsanlagen (FAA) - einem Bereich, der in den letzten Jahren zunehmend an Relevanz gewonnen hat. Die in diesem Themenheft behandelten Fachbeiträge liefern eine fundierte Darstellung der methodischen, technischen und ökologischen Grundlagen für den Einsatz von Videosystemen zur Bewertung der Funktionsfähigkeit von FAA. Neben Aspekten wie Standardisierung, Datenmanagement und KI-gestützter Auswertung besteht jedoch auch ein erheblicher Bedarf an praxisnahen Erfahrungen zur konkreten Umsetzung vor Ort.

Diesen Aspekt greift der vorliegende Beitrag auf. Anhand ausgewählter Praxisbeispiele aus Deutschland, Österreich, der Schweiz, Schweden und Georgien werden unterschiedliche, erfolgreich eingesetzte Installationslösungen vorgestellt, die in Monitoringprojekten zum Einsatz kamen. Ziel ist es, typische Herausforderungen bei der Umsetzung greifbar zu machen und praktische Lösungsansätze aufzuzeigen.

Die dargestellten Anwendungen lassen sich vier Kategorien zuordnen:

- Kompakte Kamerasysteme, die flexibel im Gewässer oder einer Fischaufstiegsanlage positioniert werden und besonders dort zum Einsatz kommen, wo größere Systeme nicht oder nur mit erheblichem Aufwand einsetzbar sind.
- Kameras mit Konus und Videotunnel, die fest in das Bauwerk integriert sind und über IR-Scanner oder andere Sensortechniken verfügen.
- Überwachungsräume mit Beobachtungsfenstern in die FAA.
- Systeme mit mobilen Fischleitvorrichtungen, die insbesondere in offenen oder temporären Situationen eingesetzt werden, um die Fische gezielt durch das Videomonitoring-System zu lenken.

Kompakt

- Für fast jede strukturelle oder hydraulische Gegebenheit existiert eine passende Bauform für das Videomonitoring an Fischaufstiegsanlagen.
- Je nach örtlicher Gegebenheit und Monitoringziel kommen unterschiedliche Systeme zum Einsatz
- Die Betriebssicherheit, Wartungszugänglichkeit und eine gute Integration in die Wanderkorridor-Gestaltung sind entscheidend für den langfristigen Erfolg der Monitoringeinrichtung.

2 Übersicht der vorgestellten Praxisbeispiele

Die im Folgenden vorgestellten Installationen decken zusätzlich zu den in den anderen Fachbeiträgen des Themenhefts gezeigten Installationen ein breites Spektrum an technischen Ausführungen und Anwendungsumfeldern für das videobasierte Monitoring an FAA ab. Sie reichen von fest eingebauten Kompaktsystemen in Betonstrukturen über standardisierte Videotunnel bis hin zu mobilen Lösungen mit temporären Fischleitvorrichtungen. Die Bandbreite der Zielarten, Standortbedingungen und Überwachungsziele verdeutlicht, wie flexibel sich Videomonitoring-Systeme an die jeweiligen Anforderungen anpassen lassen. **Tabelle 1** stellt die zentralen Merkmale der Beispiele in tabellarischer Form gegenüber und gibt Hinweise zu eingesetzten Technologien und Herstellern.

3 Installationsbeispiele für Monitoringsysteme

3.1 Kompakte Kamerasysteme

Kompakte Kamerasysteme kommen bevorzugt an Standorten zum Einsatz, an denen keine fest verbaute Infrastruktur vorhan-

Tabelle 1: Zusammenfassung der aufgeführten Praxisbeispiele (Quelle: Haas et al.)

Standort	Systemtyp	Fischregion / Zielart(en)	Anlagentyp	Besonderheit	Hersteller
Nidda (D)/ Enns (A)	Kompaktsystem	Barben- Äschenregion	Raugerinne	Hochwassersichere Installation an Betonblöcken	I am Hydro
Kura (GE)	Kompaktsystem	Diverse Cypriniden	Schlitzpass	Installation an Schienensystem Auswertung KI-gestützt	I am Hydro
Rällsälv (SE)	Kompaktsystem	Kleine Cypriniden	Naturnahes Umgehungsgerinne	Humminstoffreiches Gewässer Auswertung KI-gestützt	TiVA
Koblenz (D)	Videotunnel	Barbenregion	Schlitzpass	Seit 2012 in Betreib, drehbare Leitrechen, Auswertung KI-gestützt	VAKI/I am Hydro
Zugwiesen (D)	Videotunnel	Barbenregion	Naturnahes Umgehungsgerinne	Videotunnel mit permanenter Leitvorrichtung in naturnahem Umgehungsgerinne	VAKI
Bannwil (CH)	Kamerakonus	Barbenregion	Schlitzpass	Konusssystem als Schlitz Auswertung KI-gestützt	FishLab
Chancy - Pougny (CH/FR)	Kamerakonus	Barbenregion	Schlitzpass	System als zusätzlicher Schlitz - Auswertung KI-gestützt	FishLab
Buisdorf (D)	Videotunnel	Barbenregion Zielarten Lachs, Meerforelle	Unterschiedliche Gerinne	Einsatz an Großreuse	VAKI
Willstätt (D)	Überwachungsraum	Barbenregion Zielarten Lachs, Barbe, Nase	Schlitzpass	Im vorhandenen Zählbecken realisierter Überwachungsraum	unio - river sciences
Sursee (CH)	Überwachungsraum	Barbenregion	Mäanderfischpass	Methodenkombination mit PIT-Untersuchungen Auswertung KI-gestützt	Überwachungsraumplanung: IUB AG, Kamerasystem: I am Hydro
Eixendorf (D)	Kompaktsystem	Barbenregion	Druckkammer Fischschleuse	Kombination mit Reuse & DIDSON	Fluss
Gadmerwasser (CH)	Sonderlösung	Obere Forellenregion	Fischlift	Über dem Reusenkorb montiertes Kamerasystem	Kern Elektronik AG
Häggsån (SE)	Videotunnel mit mobiler Leitvorrichtung	Zielart Äsche	Offenes Gewässer	Mobiles System Auswertung KI-gestützt	TiVA
Hasliaare/ Gadmerwasser (CH)	Videotunnel mit mobiler Leitvorrichtung	Obere Forellenregion mit Zielart Seeforelle	Restwasserstrecke	Mobiles System	Kraftwerke Oberhasli AG

den ist oder eine hohe Flexibilität bei der Montage und Wartung gefragt ist. Ihre Stärken liegen in der platzsparenden Bauweise, dem geringen Energiebedarf und der Möglichkeit, sie zielgerichtet auf neuralgische Punkte der FAA auszurichten.

Im Folgenden werden vier unterschiedliche Anwendungsszenarien vorgestellt, die die Bandbreite und Anpassungsfähigkeit kompakter Systeme illustrieren - von temporären bis zu dauerhaft installierten Monitoringlösungen.

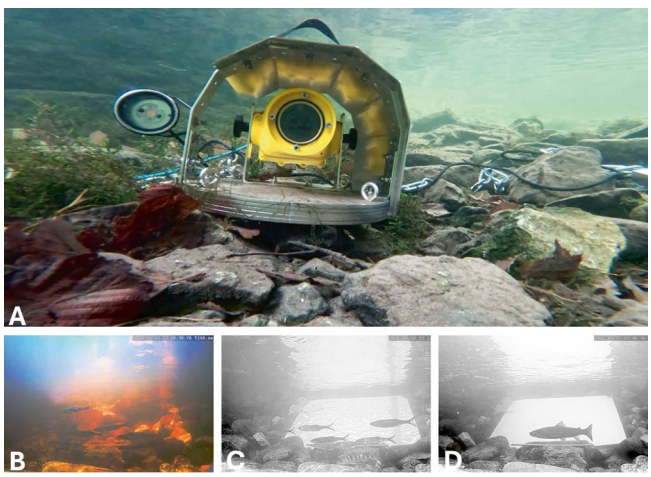
Bewährt sind Montagen auf Betonfundamenten, mit Scheibenwischern zur Reduktion des Reinigungsaufwands sowie integrierten Beleuchtungseinheiten für den 24-Stunden-Betrieb.

An der Enns (A) [1] und an der Nidda (D) wurden kompakte Kamerasysteme auf Betonblöcken installiert, um die Fischpassierbarkeit unter unterschiedlichen Bedingungen zu dokumentieren (**Bild 1**). In der Enns erfolgte die Installation direkt im Hauptgerinne zur Bewertung zweier aufeinanderfolgender Sohlenrampen, wobei aufgrund fehlender Bauwerksstrukturen Betonblöcke durch einen LKW mit Ladekran eingebracht wurden (**Bilder 1A** und **1B**). Die Kameras wurden gezielt auf neuralgische Passagestellen ausgerichtet und arbeiteten batteriebetrieben mit Bewegungserkennung zur Optimierung der Speicherkapazität. An der Nidda wurde eine Pendelrampe im Nebenschluss gemonitort (**Bilder 1C** und **1D**). Hier wurde ein vorgefertigter Betonblock mit einem Bagger auf der Sohle platziert, die Kamera leicht erhöht befestigt und mit automatischer Scheibenreinigung sowie variabler Beleuchtung (Tag: Weißlicht, Nacht: Weißlicht oder Infrarot) ausgestattet. Im Gegensatz zur temporären Erhebung an der Enns war das Monitoring an der Nidda auf einen dauerhaften Betreib ausgelegt. Beide Standorte zeigen, dass sich Betonblöcke als flexible Kameraträger für temporäre wie dauerhafte Anwendungen eignen. Sie erlauben eine stabile, lagegenaue Installation in offenen Gerinnen und können mit modularen Ergänzungen, wie Wischsystemen und variabler Beleuchtung, bedarfsgerecht angepasst werden. Bei der Platzierung der Betonstrukturen ist darauf zu achten, die Hydraulik der FAA möglichst nicht zu beeinflussen.

Ein weiteres Beispiel stammt aus dem Umgehungsgewässer am Rällsälv in Schweden (**Bild 2**). Dort wurde ein kompaktes

© I am Hydro

Bild 1: Installation von kompakten Kamerasystemen an Betonblöcken in der Enns (A & B) sowie in der Nidda (C & D) und deren Sichtbereich (gelb)



© TIVA

Bild 2: A) Installation eines kompakten Kamerasystems in einem Umgehungsgerinne auf einer schweren Bodenplatte, Verbesserung der Bildqualität im huminstoffreichen Gewässer Rällsälv (B) durch eine Kontrastplatte und der Optimierung des IR-Filters (C & D)

Kamerasystem eingesetzt, um die Nutzung des Umgehungsgerinnes durch schwimmschwache Arten wie kleine Cypriniden zu untersuchen. Die besondere Herausforderung lag in der hohen Huminkonzentration des Wassers, die zu stark eingeschränkten Kontrasten führte. Um dennoch verwertbare Daten zu generieren, wurde das System mit einer externen Beleuchtung und einer weißen Kontrastplatte ausgestattet sowie der IR-Filter optimiert. Die Kamera wurde auf einem 20 kg schweren Edelstahl-Sockel verankert. Mithilfe automatisierter Echtzeiterkennung konnte das System erfolgreich die Passage von Arten wie Rotauge und Ukelei dokumentieren.

Eine schienengeführte, kompakte Kameraeinheit kam in der FAA des Mtkvari-HESI-Kraftwerks an der Kura (Georgien) zum Einsatz (**Bild 3**). Dort wurde Ende 2025 ein vertikales Schienensystem installiert, das eine manuelle Höhenverstellung der Kamera über eine Handwinde erlaubt. Die Kamera überwacht dauerhaft den obersten Schlitz der Anlage. Diese Konstruktion erlaubt eine einfache Wartung und Reinigung, was insbesondere bei tiefliegenden Anlagenbereichen mit eingeschränktem Zugang vorteilhaft ist. Das Beispiel zeigt, wie sich durch mechanische Führung die Zugänglichkeit kompakter Systeme auch unter schwierigen Bedingungen dauerhaft sicherstellen lässt. Diese Art der Installation hat sich bereits vielfach bewährt.

Neben klassischen FAS, wie Schlitz- oder Beckenpässen, gewinnen alternative Lösungen zunehmend an Bedeutung - etwa Fischschleusen und Fischlifte in unterschiedlichen Bauformen. Diese Sonderlösungen stellen besondere Anforderungen an das Monitoring, da sie oft stark variierende hydraulische Bedingungen, unkonventionelle Fischleitstrukturen oder eingeschränkte Zugänglichkeit aufweisen. Gleichzeitig bieten sie die Möglichkeit, auch in komplexen oder beengten Gewässerabschnitten die Fischpassierbarkeit zu verbessern. Das Videomonitoring an solchen Standorten erfordert speziell angepasste Ansätze hinsichtlich Kamerapositionierung, Beleuchtung, stellt aber einen verlässlichen Monitoringansatz an solch komplexen Strukturen dar.

Im Frühjahr 2025 wurde im Rahmen einer laufenden Untersuchung ein Videomonitoring-System an der neu errichteten Druckkammerfischschleuse an der Vorsperre des Stausees Eixendorf (Bayern) eingerichtet. Ziel ist es, die Funktionstüchtigkeit des Schleusensystems sowohl für auf- als auch absteigende Fische unter realen Betriebsbedingungen zu bewerten.

Für die visuelle Erfassung werden kompakte Kamerasysteme (**Bild 4A**), teils in analoger Ausführung mit externer Weißlichtbeleuchtung,

© I am Hydro

Bild 3: Installation eines kompakten Kamerasystems im Einströmbereich des ersten Schlitzes unterhalb des Verschlussbauwerks (A) mit Blick auf den ersten Schlitz (B) an einem Schienensystem (C) zur Sicherstellung des einfachen Zugangs für Wartung und Reinigung im Betreib der Anlage

eingesetzt. Die Installation erfolgt schwerpunktmäßig in der Vorkammer der Schleuse, wo der Ein- und Ausschwimmbereich kontinuierlich mit drei parallel montierten Kameras überwacht wird (**Bild 4B**). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das System durch weitere, temporär eingesetzte Kameras zu ergänzen.

Die Anlage unterscheidet sich von klassischen FAA dadurch, dass sie nicht nur den Aufstieg, sondern explizit auch den Fischabstieg ermöglichen soll. Das Monitoring wurde daher gezielt so geplant, dass auch absteigende Fische erfasst werden können. Zur Validierung der Videoaufzeichnungen kommen phasenweise Reusen sowie eine Sonarkamera (Didson) zum Einsatz.

Eine vergleichende Darstellung des Videomonitorings zweier Fischschleusen findest sich in Haas et al. [2], wo unter anderem die Anlagen in Interlaken (CH) und Klosterbuch (DE) dokumentiert und hinsichtlich ihrer Funktionsweise sowie Monitoringeignung eingeordnet werden.

Am Gadmerwasser im Kanton Bern, Schweiz, wurde im Jahr 2013 am Ausgleichsbecken Fuhren ein mechanischer Fischlift in Betrieb genommen, um die Fischgängigkeit trotz großer Oberwasserspiegelschwankungen von bis zu zwei Metern sicherzustellen. Aufgrund dieser Standortbedingungen war der Bau eines gerinneartigen Fischpasses technisch nicht umsetzbar. Als Zielart kommt in diesem Gewässerabschnitt ausschließlich die Bachforelle vor, weshalb die Monitoringmethodik gezielt auf diese Art abgestimmt wurde.

Zur Überprüfung der Funktionalität des Fischlifts wurde über drei Jahre hinweg (2013-2015) ein Videomonitoring als Hauptmethode eingesetzt. Eine analoge Kamera wurde so unterhalb des Krans montiert, dass alle Fische im Reusenkorb während des Anhebens zuverlässig dokumentiert werden konnten (**Bild 5**). Der Transportbehälter war in der Aufnahmeposition mit Weißlicht beleuchtet, um auch bei Dunkelheit verwertbare Bilder zu liefern. Zur Bestimmung der Körperlänge wurde auf dem Boden des Behälters eine weiße Folie mit einem schwarzen 10-cm-Raster angebracht. Da nur eine Fischart vorkommt, konnte auf eine seitliche Ansicht zur Artbestimmung verzichtet werden.

Trotz schwieriger Rahmenbedingungen konnte so in diesem Fall eine belastbare Funktionskontrolle mittels Videomonitoring erfolgen.

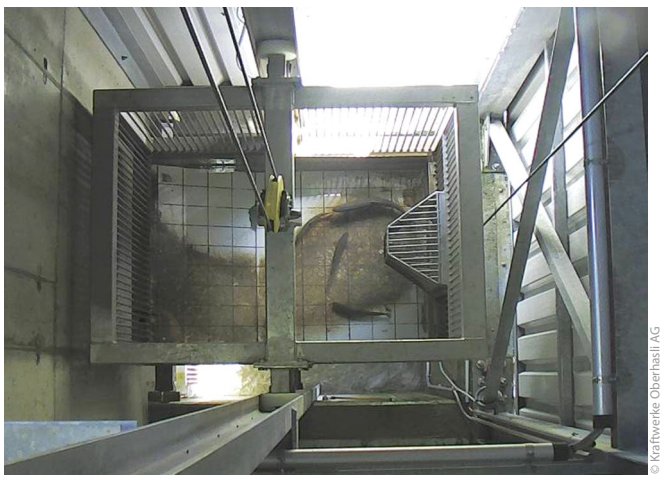
Die erfassten Aufstiegszahlen und Längenverteilungen der Bachforellen wurden mit Ergebnissen aus Elektrobefischungen im Unter- und Oberwasser verglichen, um Rückschlüsse auf die Effizienz des Fischaufstiegs zu ermöglichen. Ergänzend wurde im Frühjahr 2016 für mehrere Wochen ein mobiles Kamerasystem zur Verhaltensbeobachtung am Einstieg des Fischlifts eingesetzt. Die Ergebnisse der biologischen Wirkungskontrolle wurden in zwei Fachbeiträgen dokumentiert und bewertet [9], [10].

3.2 Videotunnel

Videotunnel zählen neben den kompakten Kameras zu den am häufigsten eingesetzten Systemen für das langfristige Videomonitoring an FAA. Sie bestehen typischerweise aus einem geschlossenen Kanal mit definiertem Sichtfenster, durch das Fische beim Durchschwimmen erfasst werden. Die Tunnel sind

© Fluss

Bild 4: Kompaktes Kamerasystem (B), montiert am Ein-/Ausstieg der Druckkammerfischschleuse am Standort Eixendorf (A)



© Kraftwerke Oberhasli AG

Bild 5: Blick von oben in den Reusenkorb des Fischlifts am Gadmerwasser, mittel Raster können die Größen der sich im Reusenkorb befindlichen Fische gut abgeschätzt werden

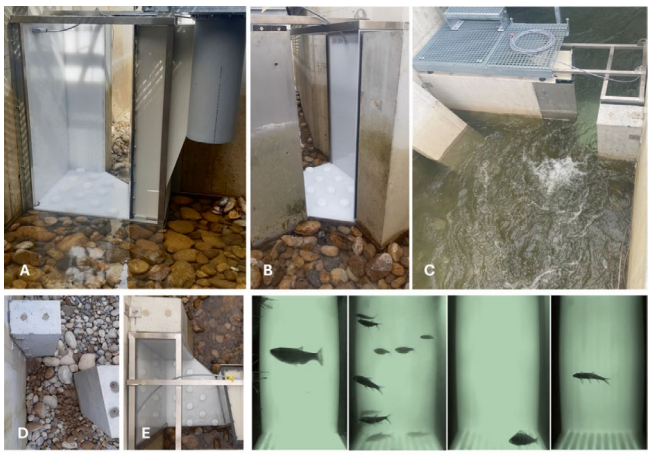
© Bundesanstalt für Gewässerkunde

© Iam Hydro

Bild 6: Einbausituation des Videotunnels (A) im Fischpass an der Moselstaustufe in Koblenz in einer begehbaren Leitvorrichtung (B & C), Installation eines Videotunnels im Umgehungsgerinne Zugwiesenbach mit fest installierter Leitvorrichtung (D)

© Luftbild: Graefe, © Videotunnel: Rheinischer Fischereiverband

Bild 7: Anordnung des Videotunnels (unten rechts) in der Großreuse (vergitterter Bereich im Luftbild oben rechts)



© FishLab

Bild 8: Anordnung der Videoanlage am Standort Bannwil als optischer Schlitz im Schlitzpass (A, B, C) und Vergleich eines regulären Schlitzes in der FAA (D) mit dem durch das Videosystem realisierten Schlitz (E)

mit integrierter Beleuchtung ausgestattet und lassen sich mit oder ohne vorgeschaltete Leitvorrichtungen so in die Anlage integrieren [12], dass sie von allen Fischen passiert werden müssen. Dank ihrer definierten Geometrie bieten Videotunnel eine gute Voraussetzung für die automatische Auswertung von Arten, Längen und Schwimmrichtungen - sei es visuell, KI-gestützt oder über Lichtschranken.

Die nachfolgenden Beispiele veranschaulichen unterschiedliche Ausführungsformen und Anwendungsbereiche von Videotunneln - von Einbauten in naturnahe FAA über technische Integrationen in bestehende Reusen bis hin zu funktionalen Abwandlungen, bei denen die Tunnelkomponenten direkt in die hydraulisch relevanten Engstellen von FAA integriert werden.

In der FAA Koblenz (Mosel) betreibt die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) seit 2012 ein durchgehendes Monitoring mit Videotunnel (**Bilder 6A, 6B** und **6C**). Der ursprünglich eingesetzte Tunnel mit zwei übereinanderliegenden Kameras wurde 2024 durch einen luftgefüllten Konus mit Einzelkamera ersetzt, um die Bildauswertung zu vereinfachen und die Betriebssicherheit zu erhöhen. Das System ist in ein 1,8 m breites Leitgestell integriert, das mit akkubetriebenen Kettenzügen gehoben werden kann - ein Vorteil bei Hochwasser oder zur Reinigungsinspektion. Die drehbaren Leitgitter erleichtern die Entfernung von Treibgut. Seit Beginn des Betriebs wurden über 600 000 aufsteigende Fische aus 37 Arten erfasst. Aktuell erfolgt die Auswertung teilweise KI-gestützt. Die Anlage gilt als Referenzstandort für langjähriges videobasiertes Monitoring mit hoher Datenqualität.

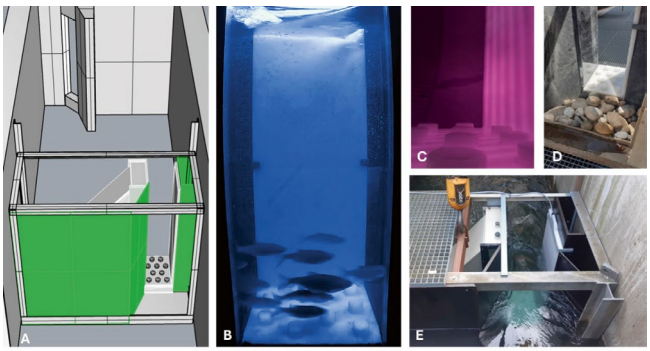
Im Zugwiesenbach, einem Umgehungsgerinne an der Neckar-Staustufe Poppenweiler, wurde zwischen 2016 und 2020 ein Videotunnel installiert (**Bild 6D**). Der Tunnel war Teil einer speziell angefertigten Leitkonstruktion, die in einer betonierten Rinne befestigt wurde. Fische wurden mittels Leitkonstruktion in den Videotunnel geleitet. Ein zentrales Konstruktionsmerkmal war der Stababstand der Leitvorrichtung von 40 mm in horizontaler Anordnung. Dieser wurde als Kompromiss zwischen Erfassungsrate und Offenheit der Struktur gewählt und trug zur Reduzierung von Verklausung bei. Dennoch kam es insbesondere im Sommer durch Makrophyten und eingespülten Grünschnitt sowie im Herbst durch Laub zu einem erhöhten Wartungsaufwand. Die Reinigung übernahm der ansässige Angelverein, wodurch ein mehrjähriger Betrieb und umfassende Datenerhebung ermöglicht wurden.

Ein Beispiel für die Kombination klassischer Fangmethoden mit videobasierter Erfassung stellt die Kontrollstation am Siegwehr Buisdorf dar. Diese ist Teil des nordrhein-westfälischen Wanderfischprogramms und erfasst seit 2000 auf- und absteigender Wanderfische. Die Station umfasst eine technische Großreuse mit integriertem Videotunnel (**Bild 7**). Dieser ist mit einem Infrarot-Scanner ausgestattet und wird hauptsächlich außerhalb der Laichzeit des Atlantischen Lachses betrieben, um die allgemeine Fischwanderung zu dokumentieren. Seit Inbetriebnahme wurden mehr als 3 400 Lachse, mehrere Hundert Meerforellen sowie zehntausende weitere Fische erfasst. Die Station wird vom Rheinischen Fischereiverband im Auftrag des Landesumweltamts betrieben. Das Beispiel zeigt, wie bestehende Reusensysteme durch Videotechnik ergänzt werden können, um artspezifische Daten unter standardisierten Bedingungen zu erfassen - insbesondere an Schlüsselstellen der Wiederansiedlung.

3.3 Integration von Kamerakonussen in schlitzartige Strukturen

Die zwei folgenden Beispiele aus der Schweiz zeigen, wie Monitoringeinheiten basierend auf Kamerakonussen in Form eines vertikalen Schlitzes angepasst wurden, der sowohl die hydraulischen Einschränkungen als auch die kameraspezifischen Bedürfnisse berücksichtigt. Schwimmhöhe bleibt für Fische frei wählbar.

In der FAA Bannwil an der Aare (CH) wurde eine Videomonitoring-Anlage direkt in den Schlitzbereich eines Schlitzpasses integriert [3]. Hierbei ersetzt das Kameramodul den üblichen hakenförmigen Leitwandfortsatz und nutzt die Engstelle zur gezielten Erfassung aufsteigender Fische (**Bild 8E**). Auf zusätzliche Leitvorrichtungen konnte dadurch verzichtet werden, was Betreib und Unterhaltung erleichtert. Die Konstruktion besteht aus einem rahmenmontierten Kameramodul mit IP68-Infrarotpaneelen an Wänden und Boden, die als Hintergrundbeleuchtung wirken. Das System kann mit optionalem Frontlicht ergänzt werden. Für den Nachtbetrieb kommt ausschließlich



© FishLab

Bild 9: Anordnung der Videoanlage am Standort Chancy-Pougny, ausgeführt schlitzartige Engstelle im Zulauf des ersten regulären Schlitzes (A & E)

Infrarotlicht zum Einsatz, um lichtempfindliche Arten nicht zu stören. Die hydraulische Belastung wurde vorab durch Strömungssimulationen geprüft und anschließend mit Feldmessungen kontrolliert. Das Modul kann für Wartungszwecke aus dem Wasser gehoben werden.

Am Standort Chancy-Pougny an der Rhône (FR) wurde eine ähnliche Anlage realisiert [4], bei der das Videomonitoring-System als zusätzlicher Schlitz im Zulauf des oberstrom ursprünglich ersten Schlitzes in einer Bestandsanlage realisiert wurde (**Bild 9**). Die Fische passieren diese Engstelle zwangsläufig, was eine hohe Erfassungsrate erlaubt - auch ohne zusätzliche Leiteinrichtungen. Das Kameramodul ist mit integrierter Beleuchtung ausgestattet, die sich flexibel zwischen Infrarot und Weißlicht umschalten lässt. Das System wurde so konzipiert, dass es zur Wartung aus dem Wasser gehoben werden kann.

3.4 Installationen mit mobilen Fischleitvorrichtungen

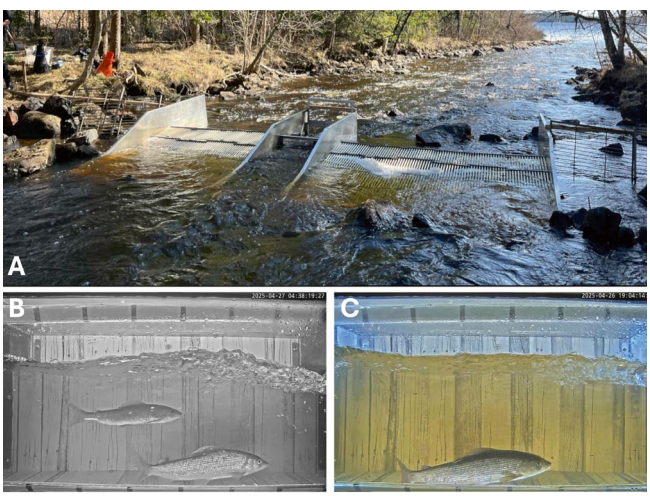
Mobile Leitvorrichtungen stellen eine flexible Lösung dar, um Fischwanderungen temporär und zielgerichtet zu erfassen - insbesondere in offenen Gerinnen oder an Standorten ohne permanente technische Bauwerke. Sie kommen häufig in Verbindung mit mobilen Kamerasystemen oder Fischzählgeräten zum Einsatz und ermöglichen eine konzentrierte Führung der Fische durch das Videomonitoring-System. Typische Ausführungen bestehen aus modularen Leitelementen, wie schwimmenden Leitarmen, Schlitzblenden oder mobilen Sperren, die hydraulisch wirksam positioniert und nach Abschluss des Monitorings rückstandslos entfernt werden können. Durch ihre Vielseitigkeit eignen sich mobile Systeme sowohl für wissenschaftliche Studien als auch für Wirkungskontrollen unter realen Betriebsbedingungen.

Zur Erfassung der Frühjahrswanderung von Äschen im Fluss Häggsån (SE) wurde eine temporäre Monitoringstation eingerichtet (**Bild 10**). Ziel war es, den Fischaufstieg von der Eisschmelze bis zum Frühsommer quantitativ zu dokumentieren. Zum Einsatz kam ein Videotunnel in Kombination mit modular aufgebauten Leitarmen (Resistance Board Weirs [5]), die beidseitig der Zähleinheit installiert wurden.

Die Leitstrukturen bestehen aus 50 cm langen Einzelsegmenten, die über Basismodule am Gewässergrund verankert werden können - auch bei unebener Flusssohle. Die Module lassen sich variabel kombinieren, um eine optimale Breite des Wanderkorridors zu schaffen. Zum Uferanschluss wurden feste Abschlusswände eingesetzt. Die Leitarme selbst schwimmen an der Oberfläche und verfügen über ein verstellbares Unterflügelprofil, das einen Auftrieb erzeugt und die Konstruktion bei wechselnden Wasserständen stabil an der Oberfläche hält.

Das System ist vollständig ohne feste bauliche Eingriffe realisierbar und kann selbst hohen Abflüssen standhalten, ohne beschädigt zu werden. Gleichzeitig ist die Durchgängigkeit für größeres Treibgut, wie Baumstämme oder Boote, gegeben. Das Beispiel zeigt, wie durch modulare Fischleitvorrichtungen in Kombination mit modernen Kamerasystemen auch in offenen Gewässerabschnitten ein zuverlässiges Monitoring wandernder Fischarten ermöglicht werden kann - ohne dauerhafte Eingriffe in die Gewässerstruktur.

Zur Überprüfung der Durchgängigkeit von Restwasserabschnitten im Laichwanderkorridor der Seeforelle wurden im Gadmerwasser sowie in der Hasliaare mobile Fischzählanlagen mit integriertem Fischleitsystem eingesetzt (**Bild 11**). Ziel war



© TIVA

Bild 10: Mobiles Leitsystem am Standort Häggsån (A) und den Videotunnel passierende Äschen am Standort (B & C)

© Kraftwerke Oberhasli AG

Bild 11: Mobile Fischleitvorrichtung aus Bambus am Standort Gadmerwasser (A) und Hasliaare (B & C)

es, aufstiegswillige adulte Individuen mit ausreichender Bildqualität so zu erfassen, dass ein Individuenabgleich anhand des artspezifischen Punktmusters möglich war.

Kern der Anlage bildete ein mobiler Kamerakanal, in den bis zu drei analoge Kameras sowie ein Fischwiderstandszähler (Resistivity Fish Counter) integriert wurden. Der Kanal wurde bei Nacht mit Weißlicht beleuchtet, um auch bei Dunkelheit verwertbare Aufnahmen zu gewährleisten. Um sicherzustellen, dass alle aufsteigenden Seeforellen den Kamerakanal passieren, wurde der restliche Gewässerquerschnitt mit einem temporären Fischleitsystem - der sogenannten Seeforellenweiche - abgesperrt. Diese physikalische Barriere bestand aus einem mobilen, den Uferverhältnissen modularen System, das den gerichteten Fischaufstieg durch die Monitoringstrecke sicherstellte.

Die Fischzählanlage wurde gezielt auf die Anforderungen großer Wanderfischarten wie der Seeforelle abgestimmt. Sie ermöglichte eine quantitative Erfassung mit hohem Detailgrad, ohne auf invasive Fangmethoden zurückgreifen zu müssen. Eingesetzt wurde das System an mehreren Standorten während der Laichzeit 2018 (Gadmerwasser) sowie in den Jahren 2019 und 2020 an der Hasliaare [6], [7], [8].

Die Kombination aus modularer Fischleitanlage und Kamerakanal mit Videotechnik und Zählgerät ermöglichte eine flexible und wiederverwendbare Monitoringlösung in schwer zugänglichen Gewässerabschnitten mit begrenzter Infrastruktur. Die Ergebnisse lieferten wichtige Erkenntnisse über das Migrationsverhalten der Seeforelle in Bezug auf Abflussregime, Tageszeit und Standortkonfiguration.

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass mobile Leitvorrichtungen in Kombination mit Videomonitoring eine effektive Erfassung wandernder Fischarten ermöglichen - selbst unter schwierigen Umweltbedingungen. Ihre temporäre Bauweise erlaubt den Einsatz in Gewässern ohne permanente Infrastruktur, etwa in offenen Flussläufen oder in Restwasserstrecken mit hohem Renaturierungswert. Durch die gezielte hydraulische Steuerung des Fischaufstiegs sowie die Möglichkeit zur Integration moderner Erkennungstechnologien stellen mobile Leitsysteme ein praxistaugliches Werkzeug für flexible, ortsangepasste Monitoringkampagnen dar.

3.5 Überwachungsräume

Überwachungsräume mit Sichtscheiben ermöglichen die Integration von Kamerasystemen außerhalb des Wasserstroms und schaffen stabile Bedingungen für qualitativ hochwertiges Videomonitoring. Sie bieten Vorteile hinsichtlich Zugänglichkeit, Wartung und Schutz der Technik, insbesondere bei dauerhaftem oder mehrjährigem Einsatz. Solche Räume werden entweder im Rahmen von Neubauten geplant oder nachträglich durch bauliche Anpassungen an bestehenden Anlagen eingerichtet. Je nach Ausführung können sie mit weiteren Systemen, wie Reusen, PIT-Antennen oder KI-gestützter Bilderkennung, kombiniert werden. Neben der fachlichen Datengewinnung ermöglichen sie oftmals auch eine Nutzung für Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit.

Ein Beispiel für die Kombination bestehender baulicher Strukturen mit videobasierter Überwachung stellt die FAA Willstätt an der Neuen Kinzig (DE) dar. Im Rahmen einer Funktionskontrolle (2021-2022), wurden die beiden Fischwanderwege an Alter und Neuer Kinzig vergleichend untersucht. An der Anlage wurde das bereits vorhandene Reusen- bzw. Fischzählbecken modifiziert, das ursprünglich für die Erfassung rückkehrender Lachse ausgelegt war. Mit einem Kamerasystem wurde es zu einem Überwachungsraum mit Sichtscheibe zur FAA umgebaut (**Bild 12**).

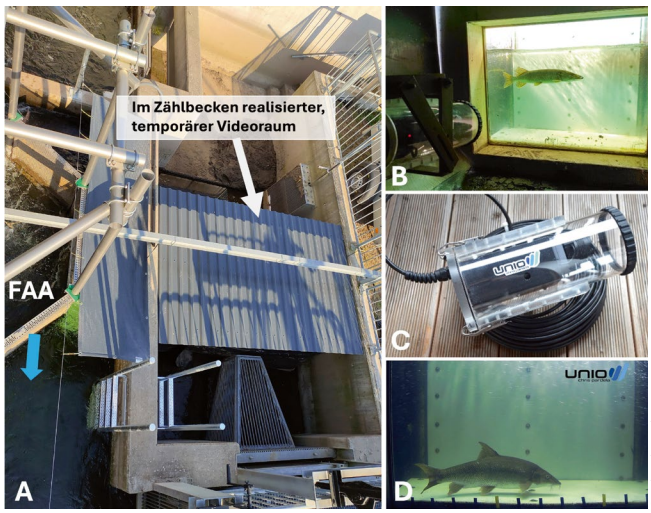


Bild 12: Überwachungsraum am Standort Neue Kinzig in Willstädt, realisiert in der Fangkammer der FAA (A); und Blick in die FAA durch die zwischen Fankammer und FAA angebrachte Glasscheibe (B) sowie wasserdichtes Gehäuse für die IP-Kamera (C) und Bildausschnitt des Kamerasystems (D)

© unio - river sciences

Beide Einrichtungen - Videomonitoring-Einheit und Fangeinrichtung - lassen sich abwechselnd nutzen. Dies ermöglicht einen flexiblen Betrieb, bei dem je nach Monitoringziel gearbeitet werden kann. Die Maßnahme zeigt exemplarisch, wie sich ein vorhandenes Zählbecken durch geringe bauliche Eingriffe zu einem effektiven Überwachungsraum erweitern lässt, ohne dabei auf bewährte Fangtechnik zu verzichten. Die Kameraeinheit ist mobil und kann im Sichtbereich flexibel platziert und gewartet werden.

Am Kraftwerk Sursee an der Sure (CH) ist am neu gebauten Mäanderfischpass seit Sommer 2025 eine Kombination aus Videomonitoring und PIT-Tagging vorgesehen. Über einen Zeitraum von einem Jahr soll die biologische Funktionsfähigkeit der FAA in der Barbenregion beurteilt werden. Am oberen Ende der FAA wurde ein Überwachungsraum umgesetzt (**Bilder 13A** und **13B**), welcher sowohl für öffentliche Anlässe als auch für den Standort des automatischen Kamerasystems geeignet ist.

Beim Bau wurde darauf geachtet, dass die Fließgeschwindigkeit im Zählkanal etwa 0,5 m/s beträgt und die Breite von 40-50 cm eine Registrierung von Fischen durch das optische Videosystem auch bei erhöhter Wassertrübung gewährleistet. Dazu wurde gegenüber der Glasscheibe zusätzlich eine Kontrastwand aus weißem PVC angebracht. Die Glasscheibe wurde mit Bewehrung eingebaut und einbetoniert. Der Zugang zum Raum findet über eine Teleskopleiter statt und eine Lüftung reguliert die Luftfeuchtigkeit, um ein Anlaufen der Glasscheibe zu verhindern. Der Videoraum ist durch eine verschließbare Metall-

klappe wetterfest und gegen Vandalismus gesichert. Für das Einlegen allfälliger Netzwerk- und/oder Elektrokabel wurden zudem Leerrohre vorgesehen.

Das Kameramodul selbst wurde leicht nach oben geneigt und die Kamerasensoren 90° gedreht installiert, um den Wanderkorridor vollständig zu erfassen. Weiter in der Kanalmitte wird bereits die gesamte Wassertiefe durch das vertikal angeordnete Kamerabild erfasst. Um Fische auch während der Dunkelheit dokumentieren zu können, wird der Zählkanal von wahlweise Weißlicht oder Infrarot des Kameramoduls beleuchtet. Das Monitoringsystem ist mit einem KI-Modul ausgestattet, welches Fische von häufig vorkommendem Geschwemmsel differenziert, was den Aufwertungsaufwand verringern soll.

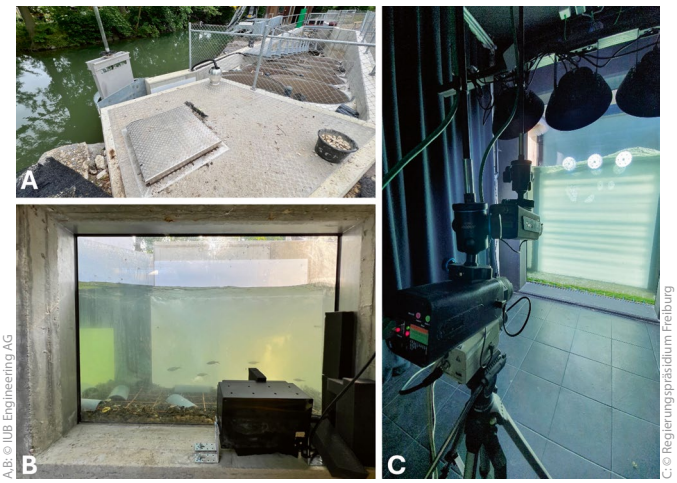
Bereits in den ersten Tagen nach der Inbetriebnahme wurde eine Vielzahl aufsteigender Fische unterschiedlicher Arten und Altersstadien durch das Videomonitoring dokumentiert. Die Beurteilung der Anlage findet jedoch erst nach dem Vorliegen aller Resultate der biologischen Wirkungskontrolle statt.

In der großen FAA Iffezheim am Rhein wird seit der Inbetriebnahme im Jahr 2000 ein permanentes Videomonitoring betrieben. Am oberen Ende des Schlitzpasses wurde ein eigener Überwachungsraum eingerichtet, von dem aus Kameras durch eine große Sichtscheibe in die Anlage blicken (**Bild 13C**). Die Anlage befindet sich im Nebenschluss zum Kraftwerksauslauf. Für die Bildaufnahme kommen Videokameras mit Bewegungserkennung zum Einsatz, die mit Auflicht und Gegenlicht arbeiten, um sowohl bei Tag als auch in der Dämmerung verwertbare Bilder zu liefern. Der Abstand der Kameras zur Sichtscheibe ist so groß, dass es keine Überwachungslücken und keine Bildverzerrung wie bei einer Weitwinkeloptik gibt. Die Qualität der Aufnahmen ist daher sehr hoch. Die aufgezeichneten Aufnahmen werden archiviert und können auch als öffentlicher Livestream über die Website des Landesfischereiverbands Baden-Württemberg eingesehen werden (https://wfbw.de/infothek/streamings/). Die kontinuierliche Datenerhebung macht Iffezheim zu einem wichtigen Langzeitbeobachtungsstandort am Rhein.

4 Schlussfolgerung

Die erfolgreiche Implementierung von Videomonitoring-Systemen in FAA erfordert sorgfältige technische, ökologische und operationale Überlegungen. Dieser Fachbeitrag unterstreicht, dass trotz der vielfältigen Vorteile von Unterwasserkamerasystemen, wie minimale Störung der Fische und eine detaillierte Datenerhebung, verschiedene Herausforderungen in der praktischen Umsetzung berücksichtigt werden müssen, um eine effektive und nachhaltige Monitoringanwendung zu garantieren.

Die dargestellten Beispiele zeigen, dass kompakte Kamerasysteme eine robuste, modulare und vielseitig einsetzbare Lösung für das Videomonitoring an FAA darstellen. Sie eignen sich insbesondere dann, wenn keine fest verbaute Infrastruktur vorhanden ist oder wenn Monitoringmaßnahmen flexibel an wechselnde Bedingungen angepasst werden müssen, sei es im freien Fließgewässer, an Umgehungsgerinnen oder in technisch anspruchsvollen Schleusensystemen und Sonderlösungen. Entscheidend sind hierbei maßgeschneiderte technische Lösungen, die auf die jeweiligen hydraulischen und betrieblichen Rahmenbedingungen abgestimmt sind.



A,B: © IUB Engineering AG
C: © Regierungspräsidium Freiburg

Bild 13: Überwachungsraum an den Standorten Sursee (A & B) sowie Iffezheim (C)

Kameras mit Konus und Videotunnel können in verschiedenen Integrationsformen - vom klassischen Einbau in FAA oder Umgehungsgerinnen bis zur Kombination mit Reusen zum Einsatz kommen. Auch alternative Ansätze, bei denen die Erfassungszone direkt in bestehende Schlitzbereiche integriert wird, sind machbar und erleichtern Betrieb sowie Unterhaltung. Damit bietet ein Kamerasystem mit Konus und Videotunnel ein breites Anwendungsspektrum für wissenschaftliche Erhebungen und Wirkungskontrollen bei sehr guter Bildqualität auch bei erhöhten Trübungen.

Mobile Leitvorrichtungen in Kombination mit Videomonitoring ermöglichen eine effektive Erfassung wandernder Fischarten selbst unter schwierigsten Umweltbedingungen. Ihre temporäre Bauweise erlaubt den Einsatz in Gewässern ohne permanente Infrastruktur, etwa in offenen Flussläufen oder in Restwasserstrecken mit hohem Renaturierungswert. Durch gezielte Treibgutweiterleitung stellen mobile Leitsysteme ein praxistaugliches Werkzeug für flexible, ortsangepasste Monitoringkampagnen dar.

Überwachungsräume mit Sichtscheiben stellen eine etablierte Variante des videobasierten Fischmonitorings dar, insbesondere an Standorten mit hohen Anforderungen an die Bildqualität. Die Beispiele aus Willstätt, Sursee und Iffezheim zeigen unterschiedliche Ausführungen - von einfachen Sichtfenstern bis hin zu begehbaren, klimatisierten Monitoringräumen mit Kontrastwänden und KI-gestützter Auswertung. Solche Installationen ermöglichen eine geschützte und technisch stabile Umgebung für langfristige Erfassungen und lassen sich flexibel mit weiteren Methoden, wie Reusen oder PIT-Tags, kombinieren. Sie eignen sich daher besonders für Dauerbeobachtungen an strategisch wichtigen Anlagen.

Ein zentrales Problem bei der Anwendung von Unterwasserkameras ist die Trübung des Wassers, die die Bildqualität erheblich beeinträchtigen kann [13]. Lösungsansätze, wie der Einsatz von luft- oder wassergefüllten Kamerakonussen sowie eine ange-

passte Beleuchtung, haben sich als effektiv erwiesen, um die Bild- und damit die Datenqualität zu verbessern. Zusätzlich muss ein Kamerasystem und die Beleuchtung frei von Biofilmaufwuchs gehalten werden, dies kann automatisiert mit einem Scheibenwischer oder manuell erfolgen. Diese betriebliche Notwendigkeit hebt die Bedeutung von zugänglichen und wartungsfreundlichen Installationen hervor [14].

Die Auswahl und Implementierung zuverlässiger Hardware sind ebenfalls entscheidend. Die Kameras und ihre Zubehörteile müssen robust genug sein, um den anspruchsvollen Bedingungen in Gewässern standzuhalten. Dies umfasst die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einflüsse durch Geschiebe und Geschwemmsel, anhaltenden, dauerhaften Wasserdruck und die regelmäßige mechanische Reinigung.

Eine der größten technischen Herausforderungen besteht darin, die Kamerasysteme so zu integrieren, dass sie nicht mit den aktuellen Standards und der Funktionalität der FAA (bspw. DWA-Merkblatt M 509 [11]) kollidieren [12]. Kameras dürfen die hydraulischen Eigenschaften oder die geometrischen Anforderungen der Anlagen nicht negativ beeinflussen. Dies erfordert eine präzise Planung und ggf. maßgeschneiderte Lösungen, um sicherzustellen, dass die Installation die lokalen hydraulischen Verhältnisse nicht beeinträchtigt oder die Passage für die Fische erschwert. Daher sollte die Integration von Videomonitoring-Systemen am besten schon bei der Planung der FAA berücksichtigt werden.

Die Erfahrungen aus zahlreichen Studien und Projekten zeigen, dass Videomonitoring-Systeme, wenn korrekt implementiert, eine effiziente und präzise Methode zur Überwachung und Bewertung der Funktionalität von FAA darstellen [15]. Sie bieten eine zuverlässige Alternative zu invasiven Methoden, wie Reusen oder der Markierung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit einer sorgfältigen technischen und betrieblichen Planung eines Videomonitorings diese Methode zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit von FAA unter den entsprechenden Rahmenbedingungen vollumfänglich geeignet ist. Die Fortschritte in der Kameratechnologie und KI-gestützten Bildauswertung versprechen weitere Verbesserungen der Effizienz und Genauigkeit dieser Technologie in der Zukunft [16].

Christian Haas, Frederic de Schaetzen, Matthias Meyer, Kristof Reuther, Stefan Kläppe, Chris Pardela, Damien Siedler, Armin Nemitz Bernd Mockenhaupt and Maria Schmalz

Case studies on the implementation of video monitoring systems in fish migration facilities

This article presents various structural designs and installation concepts for video-based monitoring at fish passages for upstream migration. Using practical examples from Germany, Switzerland, Austria, Sweden, France, and Georgia, the deployment of compact camera systems, video tunnels, mobile guidance structures, and fixed observation rooms is analysed.
The focus is on integrating these systems into local migration corridors, ensuring reliable operation under real-world conditions, and combining video monitoring with AI-assisted evaluation or traditional fish capture methods.

Autoren

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

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

Kristof Reuther, M. Sc.
IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
3000 Bern, Schweiz

Stefan Kläppe, M. Sc.
TiVA AB
Engelska Vägen 7
39356 Kalmar, Schweden

Dipl.-Biol. Chris Pardela
unio - river sciences
Rimsinger Strasse 31
79189 Bad Krotzingen
c.pardela@unio-river.de

Dipl.-Nat. (ETH) Damien Sidler
Fishlab GmbH
Rue de l'Industrie 23
1950 Sion, Schweiz
damien.sidler@fishlab.ch

Dipl.-Biol. Armin Nemitz
Rheinischer Fischereiverband von 1880 e. V.
Wahnbachstraße 13a
53721 Siegburg

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

Literatur

[1] Graf, C., Kirchgäßner, L.; Gumpinger, C.: Evaluierung der Fischpassierbarkeit zweier Sohlrampen im Unterlauf der Enns im Zuge der Wiederherstellung der Durchwanderbarkeit. Endbericht Monitoringjahr 2022. 2023 (unveröffentlicht).

[2] Haas, C.; Meyer, M.; Schmalz, M.; Tuhtan, J. A.: Kamerabasiertes Monitoring von Fischen in Deutschland und der Schweiz. In: WasserWirtschaft 114 (2024), Heft 10, S. 19-29.

[3] Zingg, S.: Technische Wirkungskontrolle des sanierten Fischpasses Bannwil. 2025 (unveröffentlicht).

[4] Sidler, D., Beck, C.: Etude de variantes pour la configuration optimale d'un système de vidéo-monitoring dans le canal d'amenée de la passe à poissons de Chancy-Pougny. 2024 (unveröffentlicht).

[5] Steward, R.: Resistance Board Weir Panel Construction Manual. In: Alaska Department of Fish and Game (Hrsg.): Regional Information Report No. 3A02-21, 2002.

[6] 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.

[7] 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.

[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] Meyer, M.; Schweizer, S.; Andrey, E. et al.: Der Fischlift am Gadmerwasser im Berner Oberland, Schweiz. In: WasserWirtschaft 106 (2016), Heft 2-3, S. 42-48.

[10] Meyer, M.; Schweizer, S.; Kriewitz-Byun, C. R.: Der Fischlift am Gadmerwasser - Erfahrungen und Optimierungsvorschläge. In: WasserWirtschaft 107 (2017), Heft 2-3, S. 77-81.

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

[12] Meyer, M.; Mockenhaupt, B.; de Schaetzen, F.; Schmalz, M.; Haas, C.: Integration von Videomonitoring-Systemen in Fischaufstiegsanlagen. In: WasserWirtschaft 115 (2025), Heft 11, S. 24-30.

[13] 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.

[14] 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.

[15] Schmalz, M.; Haas, C.; Mockenhaupt, B.; Meyer, M.; de Schaetzen, F.: Dokumentation und Standardisierung bei Videomonitoring-Anwendungen. In: WasserWirtschaft 115 (2025), Heft 11, S. 32-38.

[16] Tuhtan, J. A.; Mockenhaupt, B.; de Schaetzen, F. et al.: KI-gestütztes Videomonitoring aquatischer Ökosysteme - Chancen, Grenzen und Praxisanforderungen. In: WasserWirtschaft 115 (2025), Heft 11, S. 54-61.

DOI dieses Beitrags: http://doi.org/10.1007/s35147-025-2585-z

Springer Professional

Videomonitoring

Haas, C. et al.: Kamerabasiertes Monitoring von Fischen in Deutschland und der Schweiz. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 10/2024. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2024. https://sn.pub/u6enyc

Schmalz, M.: Erfahrungen beim Monitoring von Fischschleusen mit einfachen Videosystemen. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 2-3/2017. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017. https://sn.pub/fms6ny

IT-Mittelstand

Neu! Jetzt kostenlos kennenlernen.

IT-Prozesse optimieren.

Die digitale Transformation erfordert zielgerichtete, innovative Lösungen, um Unternehmen noch produktiver zu machen. IT-Mittelstand ist das Fachmagazin rund um die Digitalisierung in kleineren und mittelständischen Unternehmen. Praxisnahe Einblicke, Reportagen, Fachbeiträge und Interviews mit Branchenexperten liefern wertvolles Know-how auf dem neuesten Stand der Technologie – von der Planung, über die Einführung bis zum Betrieb von ITK-Infrastrukturen. Nutzen Sie die umfassenden Informationen und das Wissen für den Erfolg Ihres Unternehmens!

www.meinfachwissen.de/itm