

## **Fischaufstiegsanlagen am Mulde-Stausee und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen**

Arne Gluch

Die Gewährleistung des Fischwechsels entsprechend WRRL, FFH-RL, AalVO EG und Landes-, Wasser-, Naturschutz- und Fischereigesetzen erfordert insbesondere für Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen sowie bei Flussunterbrechung durch Stauseen fachübergreifend die praxisnahe Entwicklung neuer Methoden und Lösungen.

Mitteldeutschlands bedeutsamstes Lachs-Gewässer, die Mulde, wurde im Zuge des Braunkohlentagebaus in ein Tagebaurestloch (9 km lang, bis 38 m tief) umverlegt und durch ein Einlaufwehr und eine Staumauer mit 5 m Absturz unterbrochen. Vor Investition in Fischaufstiegsanlagen wurde mittels Radiotelemetrie nachgewiesen, dass strömungsliebende Fischarten den mutmaßlich strömungsarmen Stauseewasserkörper überhaupt und ohne Zeitverzögerung passieren. Komplizierte Randbedingungen zwangen zu neuartiger ökohydraulischer Konzeption bei Einordnung der Fischaufstiegsanlage in die Staumauer.

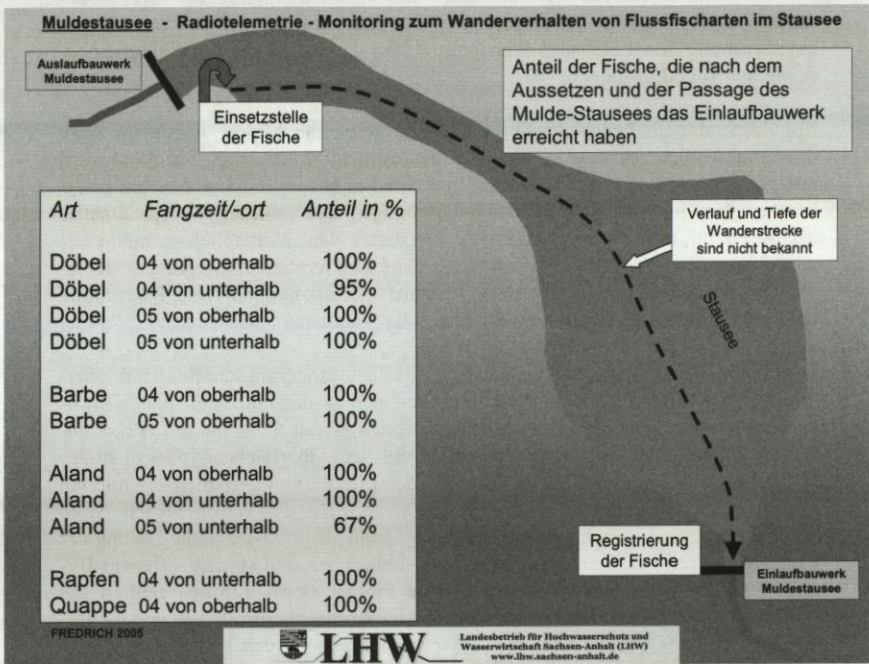
Für die Gewährleistung einer schadarmen Fischabwanderung durch alle Wasserkraftanlagen eines Gewässerstranges ergeben sich an den einzelnen Wasserkraftanlagen zu erbringende Fisch – Abstiegs - Raten größer 95%, die mit herkömmlich senkrecht angeströmten Rechen trotz Sohl- und Oberflächenbypass nicht ansatzweise erreichbar sind. Erforderlich ist der Einsatz von verhaltensorientierten Leitsystemen. Wenngleich zu den Verhaltensmustern der verschiedenen Arten und Lebensstadien Forschungsbedarf besteht, kann als praxistaugliche Lösung der Fisch- und Treibgutableiter mit Horizontal-Leitrechen und ständig offenem Bypass-Schacht empfohlen werden. Bisherige Fischabstiegskontrollen zeigten das vollständige Arten- und Größenspektrum in der Abstiegskontrollreue und die Betreiber haben nach mehrjährigen positiven Erfahrungen auch hinsichtlich Treibgut, Laub, Eis und Hochwasser weitere Anlagen dieses Prinzips beantragt.

### **1 Fischaufstiegsanlagen am Mulde- Stausee**

Infolge des Braunkohlentagebaus ist die Mulde in Sachsen-Anhalt in ihrem Fließgewässercharakter der Barbenregion auf 9 km Länge durch den zwischenliegenden, bis 38 m tiefen Mulde - Stausee (Tagebaurestloch) unterbrochen. Erhebliche Stau- und Absturzbauwerke mit Straßenüberbau, Deichanschluss,

Kippenbaugrund stellen im Ein- und Auslauf des Stausees zudem unüberwindliche Fischwanderbarrieren dar.

Eine Wiederherstellung der Durchgängigkeit mit Varianten von über 10 km langen Stausee - Umgehungsgerinnen waren wegen Kippenbaugrund, Dichtungsbedarf, notwendigen Orts - und Bauwerksquerungen, Deichkreuzungen verfahrenstechnisch schwer realisierbar und nicht finanzierbar. Somit blieb nur das Tagebaurestloch Mulde - Stausee trotz einleitend genannter Probleme als verbindenden Fischweg zu entwickeln.



**Abbildung 1:** Anteil der Fische, die nach dem Aussetzen und der Passage des Mulde-Stausees das Einlaufbauwerk erreicht haben (Frederich, 2006)

Vor Investition in Fischaufstiegsanlagen sollte mittels kontinuierlich arbeitender Radiotelemetrie geklärt werden, ob strömungsorientierte Fischarten den strömungsarmen, gütegeschichteten Stauseewasserkörper überhaupt und ohne Zeitverzögerung passieren würden. 126 potamodrome adulte Fische wurden mit Sendern ausgestattet und an der Staumauer ausgesetzt. 123 davon haben laut au-

tomatischer Ortung den Einlauf zügig erreicht. Der Nachweis der zügigen Passage des Tagebaurestloches Muldestausee durch potamodrome adulte Fische als Voraussetzung für Investitionen in Fischaufstiegsanlagen ist mittels kontinuierlich arbeitender Radiotelemetrie zweifelsfrei erbracht (Frederich, 2006). Sieben Barben, drei Döbel und ein Rapfen wurden zum Teil schon nach 5 Tagen wieder im Entnahmegebiet 62 km oberhalb des Mulde - Stausees geortet.

Nachnutzbar für weitere Stauseen und Tagebaurestlöcher ist die Erkenntnis, dass diese nicht generell Hindernisse für strömungsorientierte Arten bei ihrer obligaten Aufwanderung darstellen; allerdings bedarf es immer einer ökohydraulischen und güteseitigen Einzelfalluntersuchung. Weil trotz des sehr großen Fließquerschnittes im Mulde-Stausee-Restloch begrenzte Segmente mit für Fische wahrnehmbaren Fließgeschwindigkeiten festgestellt wurden, kann aber auch nicht verallgemeinernd vom Passagenachweis eines strömungsfreien Standgewässers durch strömungsorientierte Arten gesprochen werden.

Für die Laichwanderung diadromer Arten wird die Stauseepassierbarkeit ebenfalls erwartet, zumal die zügige Passage durch potamodrome Arten keine Hinweise auf Güte - oder sonstige Barrieren ergab. Mit späterer Wiederortung adulter potamodromer Fische flussab wurde im Monitoring auch die Verträglichkeit der Fischabwanderung über den erheblichen Absturz des Auslaufbauwerkes nachgewiesen, sodass nach derzeitigem Kenntnisstand keine Fischabstiegsanlage erforderlich wird (außer bei Bau einer Wasserkraftanlage).

Durch Projektvernetzung mit den ökohydraulischen Untersuchungen des LHW zur konkreten Planung von Fischaufstiegsanlagen im Ein- und Auslaufbauwerk des Mulde-Stausees trägt die Monitoring-Ortung der Suchmuster der Fische dazu bei, das Risiko einer mangelhaften Auffindbarkeit zu reduzieren und trotz eines großen, symmetrischen Tosbeckens mit variablen Turbulenzen mit nur einseitiger Fischaufstiegsanlage auszukommen. Das Monitoring hat die nach eigener Strömungsanalyse theoretisch hergeleiteten hydraulischen Fischwanderungen und Fischeinstiegsanordnungen bestätigt. Theoretisch nicht vorhersehbar war, dass trotz Tosbeckensymmetrie 2/3 der Fische eine Seite bevorzugten, auf welcher nun die Fischaufstiegsanlage errichtet wurde. (Wenn zukünftig gegenüberliegend eine Wasserkraftanlage errichtet wird, versorgt deren Fischaufstiegsanlage dann auch die Aufsteiger der anderen Flussseite.)

Die ökohydraulische Konzeption zur Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage(n) an der Staumauer musste zwischen Q30 und Q330 drei grundverschiedene Tosbeckenhydrauliken als auch erhebliche Unterschiede in Verhalten und Leistung

der Fischarten berücksichtigen. Durchflussabhängig variable hydraulische Fischwandergrenzen erforderten bereits für potamodrome Arten den Bau von 2 Einstiegen in den Doppelschlitzpass.



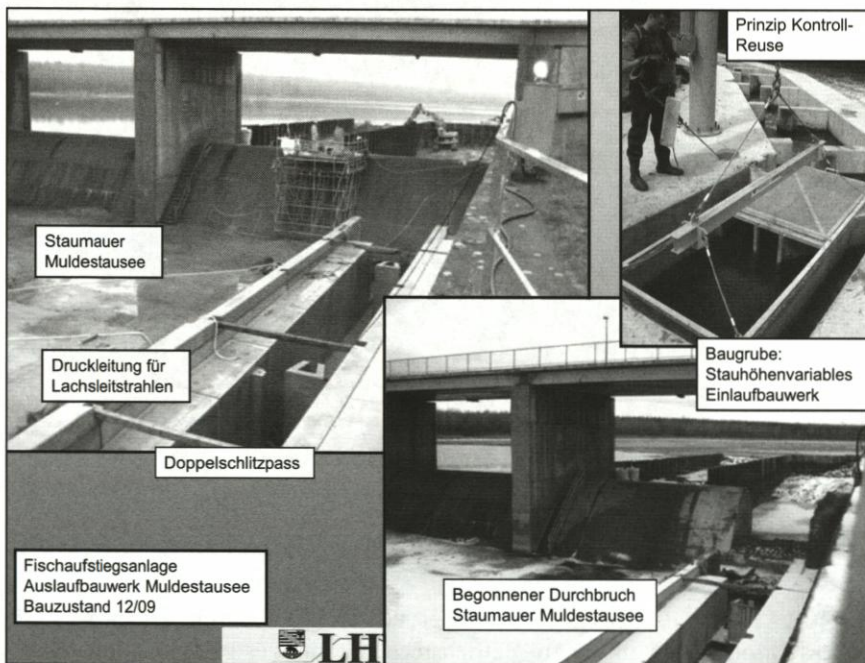
**Abbildung 2:** Konzept Auffindbarkeit Fischaufstieg Auslaufbauwerk Muldestausee

Für leistungsstarke Lachsartige eine eigene Fischaufstiegsanlage unmittelbar am Überfall in Staumauermittle war hinsichtlich Baukosten und Hochwasserabführung nicht realisierbar. Durch zwei regelbare Schussstrahlen unter und einen über Wasser sollen nun für Lachse Impulse und Leitströmungen hin zum FischEinstieg in der seitlichen Tosbeckenwand gesetzt werden.

Der Nachweis der ökologischen Durchgängigkeit bzw. der Eignung des Fischweges hat entsprechend Genehmigungsaufgabe wie bei allen Fischaufstiegsanlagen im Land durch den Genehmigungsinhaber entsprechend dem „Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen“ (*BWK-Fachinformation 1/2006*) – mittels eines bei Durchführung ständig anwesenden Gutachters nach 2.3.2 des Methodenstandards – innerhalb eines Jahres nach Betriebsbeginn (2010) zu erfolgen. Ggf. erforderliche Betriebsoptimierungen oder

Baukorrekturen sind durch den Betreiber umgehend bis zum Nachweis der vollständigen Funktionstüchtigkeit durchzuführen. Soweit durch Steuerorgane an den Fischwechselanlagen oder spezielle Wartungsarbeiten Auffindbarkeit und Passierbarkeit der Fischwechselanlage beeinflusst werden können, ist die während der Funktionskontrolle ermittelte optimale Betriebsweise als Anlagenbetriebsplan darzustellen und der Anlagensteuerung zu Grunde zu legen.

Zur Funktionskontrolle sind im Einlauf der FAA 2 Kontrollreusen, Kran und Hälterungsbecken angeordnet. Wesentlichstes Element für den Lachs - Aufstieg wird die Justierung der zwei Schussstrahlen unter und des einen über Wasser.



**Abbildung 3:** Durchbruch Staumauer Auslauf für Doppelschlitzpass Bauzustand 12/09

Ökohydraulik und Monitoring begründeten weiterhin die Notwendigkeit der Umgestaltung des Wehres am Einlauf des Stausees (Restloches) zur Sohlgleite. Entsprechend wurde das Einlaufwehr in voller Flussbreite gekappt und eine Sohlgleite in Blocksteinsatz ( $BHQ = 2.400 \text{ m}^3/\text{s}$ ) eingebaut. Die Fischpassierbarkeit zwischen  $Q_{30} = 17 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $Q_{330} = 138 \text{ m}^3/\text{s}$  erforderte die Integration einer regelartigen Niedrigwassermulde. Damit wird nicht nur die Laichwanderung

adulter Flussfische sondern auch die Laichwanderung für Stauseearten wie Blei und Hecht sowie die Hochwasserdriftkompensation für Klein- und Jungfische gewährleistet.

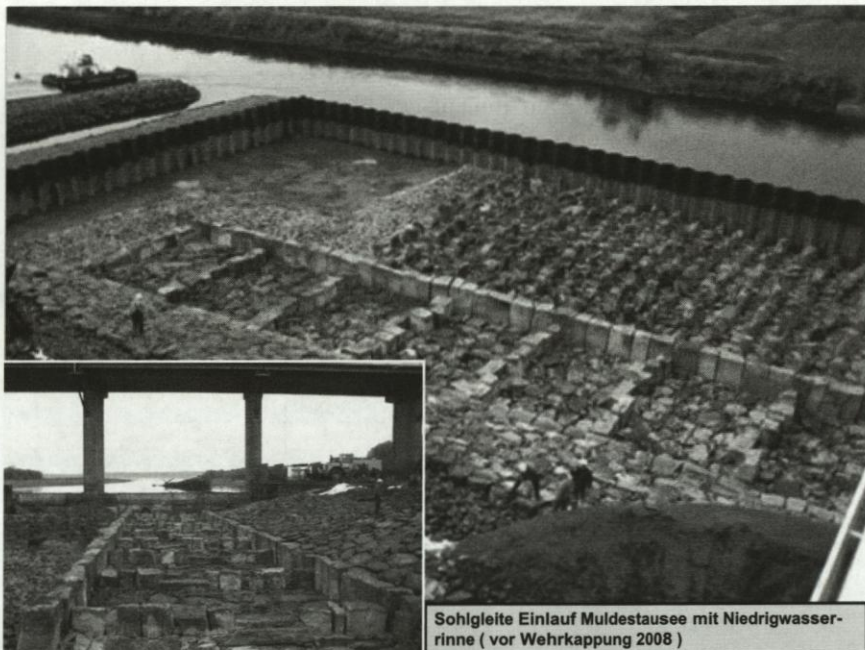


Abbildung 4: Sohgleite Einlauf Mulde-Stausee (vor Wehrkappung 2008)

## 2 Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (WKA)

An WKA fließt das gesamte Gewässer überwiegend durch Triebwerke. Im Triebwerk oder auch an seinem Betriebsrechen kommt es bislang zu Fischschädigungsraten je nach Anlagentyp von 10% bis über 50%, was kumulativ in einer Wasserkraftkette den Fließgewässer-Fischarten keine Überlebenschance lässt, wie auch der inzwischen vom Aussterben bedrohte Aal zeigt. Fischwirtschaft und EG-Richtlinien erfordern neben Fischschutz an WKA auch den für viele Fischarten lebensnotwendigen permanenten Fischabstiegsweg.

Der nach Fachstandards und zur Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen geforderte Rechenstababstand von 10 mm für Lachs und 15 mm für Aal als Ein-

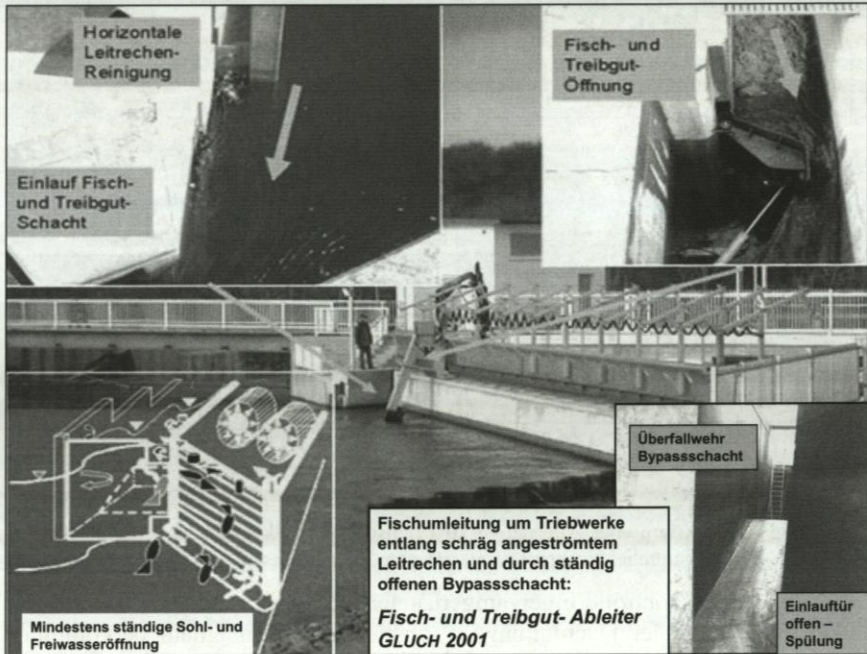
dringschutz vor Wasserkrafttriebwerken ist bei senkrecht angeströmten Rechen für Betreiber nicht praktikabel. Zudem wäre vielleicht der Fischschutz gewährleistet, nicht aber der gesetzlich geforderte, für viele Arten obligate Fischabstieg. Erforderlich ist die permanente verhaltensorientierte Hinführung der Fische zum Abstieg. Abwandernde Fische lassen sich überwiegend nur in Fließrichtung schräg zur Seite, nicht aber in artuntypische Wassertiefen(höhen)horizonte leiten. Da eine alle Arten umfassende Fischleitung auch mit Elektro-, Schall-, Blasen-, Lichtquellen o. ä. nicht funktioniert, ist derzeit nur der Einbau einer schräg angeströmten Fischbarriere zielführend.



**Abbildung 5:** Praxiserprobe Alternative zu Fischschäden und fehlendem Fischabstieg an herkömmlich senkrecht angeströmten Rechen: Fisch- und Treibgutableiter

Die Fischabstiegskontrolle einer umgerüsteten Wasserkraftanlage an der Saale hat ergeben, dass der Fischleitungs- / -abstiegs-erfolg an einem herkömmlich senkrecht angeströmten , extra auf 45° Neigung abgeflachten Rechen nur bei 5% des zeitgleich an einer Anlage oberhalb kontrollierten Fisch- und Treibgut ableiters mit schräger Anströmung und Horizontalleitung lag; bei einer weiteren WKA mit senkrecht angeströmtem Rechen und Sohl- und Freiwasserbypassrohr bei noch weniger Abstieg. Fachlich nicht vertretbar ist auch der von Herstellern gewünschte Verzicht auf Fischschutz- und -abstiegsanlagen bei langsam laufen-

den Turbinen, Wasserrädern oder archimedischen Schrauben. Der physikalische Kenntnisstand (u. a. Aal-Turbinenschädigungs-Modell *Ebel (2008)*) als auch aktuelle Funktionskontrollen mit Schädigungsraten von 28% bei Wasserrädern, 8 und 32% bei archimedischen Wasserkraftschnecken und 8% beim VHL-Triebwerk lassen vorläufig keine Triebwerksentwicklungen mit den (je nach WKA-Anzahl im Gewässerstrang) zulässigen Schädigungsraten von 1% - 4 % erwarten. Zudem wurden bei den genannten Schädigungsraten natur-schutzrelevante sohlorientierte Kleinfische und Neunaugen, wie auch die fisch-wirtschaftlich relevanten kleinen EG-Besatzaale, obwohl besonders spaltgefährdet, überhaupt nicht untersucht. Eine Fischabstiegsfunktion kann durch diese Anlagen ohnehin grundsätzlich nicht erfüllt werden, da sie auf einen erheblichen Teil der abwanderwilligen Fische scheuchend wirken und große Fische nicht durch die aus Betriebsgründen vorhandenen Rechen passen.



**Abbildung 6:** Fisch- und Treibgutabteiler (*Gluch, 2001*)

Der vom Autor an potamalen Flüssen des Hügellandes entwickelte Fisch- und Treibgutabteiler (*Gluch, 2001*) führt sohlorientierte Fische und ggf. Sedimente entlang einer 1 m hohen Sohlleitwand und darüber Freiwasserarten und Schwemm- und Treibgut entlang einem darauf senkrecht stehenden Horizontal-



stabwechen (15 mm) kontinuierlich zu einem permanent offenen Bypassschacht. Der Rechen mit Sohlleitwand ist geringer  $45^\circ$  zur Kraftwerksanstromrichtung (tangential) angeordnet und mündet in den Bypassschacht. Die Einlauftür zum Bypassschacht ist mind. bis 1 m über Sohle (Verlängerung Sohlleitwand) und mind. bis 1 m unter Wasserspiegel auf 40 cm Breite permanent offen und gewährleistet den ganzjährigen Fischabstieg aller Arten (Öffnungsmaße nach Artenspektrum).

Bei Gefälle über 1 m sollte im Bypassschacht unterhalb der Einlauftür ein  $45^\circ$  anlaufendes Überfallwehr so hoch eingebaut werden, dass in der sohlnahen Öffnung der Einlauftür 3,5 m/s Fließgeschwindigkeit herrscht (entspricht 0,7 m Absturzhöhe an der oberen Öffnung der Einlauftür). Damit werden Fischschäden durch Scherkräfte oder zu schnellen Druckabfall und Meidungsverhalten beim Einschwimmen in den Fischabstiegsschacht ebenso wie eine Fischrückkehr in das Oberwasser verhindert. Die Wassertiefe soll 0,4 m auf dem folgenden Wehrrücken und 1 m in den Tosbecken nicht unterschreiten. Eine Ausführung des Überfallwehres als ablegbare Klappe sichert die vollständige Wasser-, Sedi- ment-, Laubabführung bei Bypassspülung sowie eine Optimierung der Strömungsverhältnisse der Einlaufklappe im Zuge der Fischabstiegskontrolle. Für kleine WKA sind die Reduzierung des Bypasswasserverbrauches und seine Unterwasserstandsunabhängigkeit infolge des Überfallwehres besonders vorteilhaft. Sohle, Wände und Wehr im Bypassschacht sowie Einlauftür sind strömungsgünstig geglättet, entgratet und anschlagsgedichtet auszuführen.

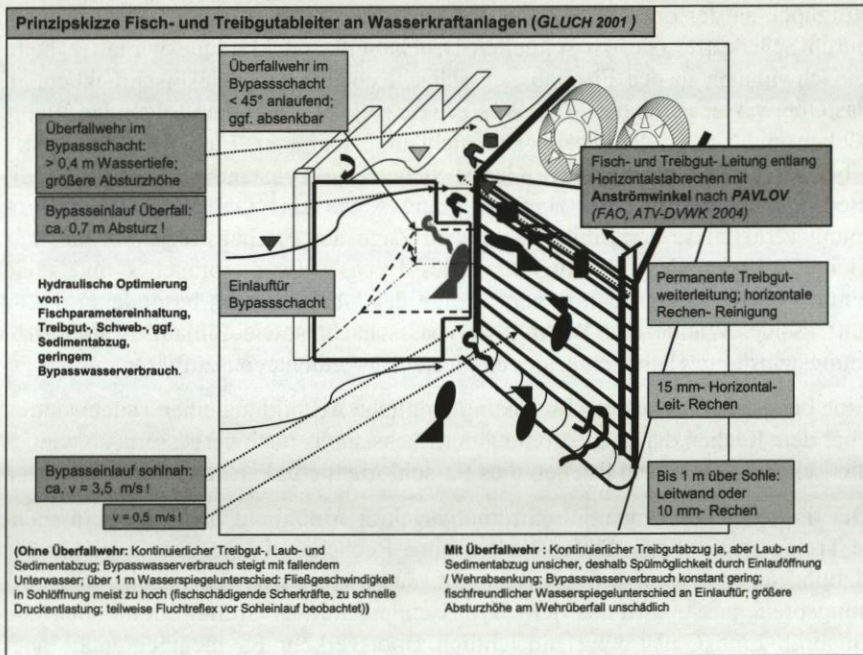
Eine bei geringer Stauzielschwankung mögliche Ausbildung einer Tauchwand über dem Rechen dürfte die Leitung der Lachssmolts noch verbessern, so wie die Leitwand unter dem Rechen dies für sohlorientierte Fische tut.

Der fischrelevante tangentialer Strömungsvektor ermöglicht auch eine permanente Treibgutleitung zum Bypass schon ohne Rechenreinigungsgang, welcher horizontal unter Wasser erfolgt. Treibgut, das nicht durch die zugelassene Öffnungsbreite passt, wird aus dem Bypasseinlauf mittels Greifer entnommen und entsorgt. Eine Gefährdung hinsichtlich Bootsverkehr (Gemeingebrauch) oder Bauwerksversatz ist nicht zu besorgen, wenn die Weiterleitung von Treibgut  $< 0,4$  m kontinuierlich erfolgt. Dafür spricht auch die Bedeutung von natürlichem Treibholz und Laub als Bestandteil des Lebensraumes Fließgewässer. Die Betreiber sparen mit dem Fisch- und Treibgutableiter (Gluch, 2001) erheblich Entsorgungskosten; Rechenverluste und Laubversatz sind gegenüber dem senkrecht angeströmten Rechen deutlich reduziert.

Für tangential angeordnete Rechen wird nach einschlägigen Berechnungsmodellen (Pavlov, 1989) unter Berücksichtigung der art- und altersspezifischen kriti-

schen Schwimmgeschwindigkeiten (0,3 – 0,6 m/s) und -zeiten (Jungfische 30 s) der Rechenquerschnitt und Anströmwinkel ermittelt, bei dem die Fische den Rechen noch meiden können und den Abstiegsbypass erreichen.

Der Bypassschacht ist mit seinem hydraulischen Abführvermögen bei den Nachweisen des Schwall- und Sunkausgleiches und des Hochwasserabführvermögens am Vorhabensstandort (im Gegensatz zum Rechendurchfluss) anrechenbar. Der Bypass als offener Schacht ist für Treibgutablenkung geeignet und lässt sich einfacher als Rohrleitungen von evtl. Versatz und Sediment beräumen, was für Standorte mit länger hochwasserbedingt fehlender Fallhöhe hilfreich ist.

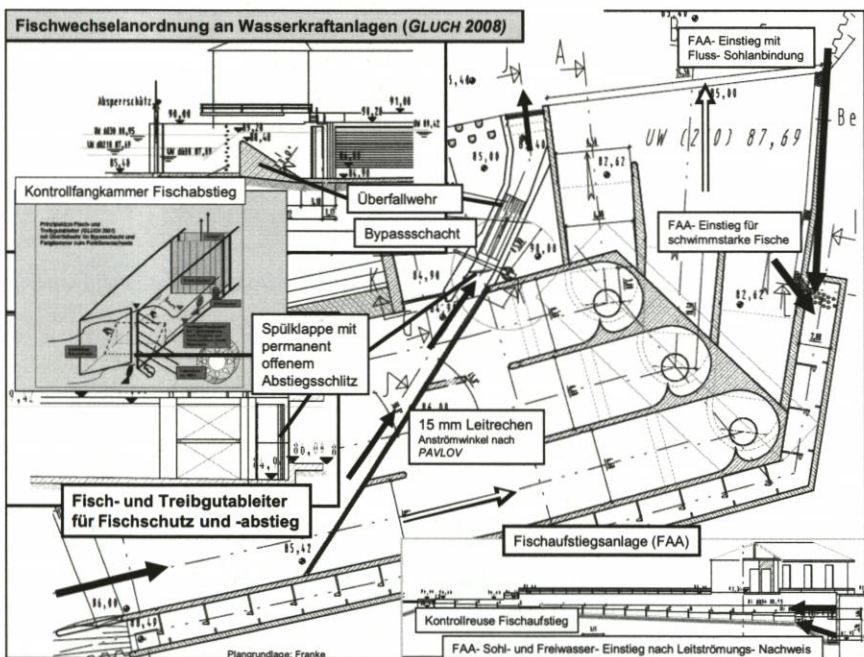


**Abbildung 7:** Prinzipskizze Fisch- und Treibgutablenker (Gluch, 2001)

Da der tangentielle Horizontalstabrechen bei gleichen kritischen Schwimmgeschwindigkeiten der zu berücksichtigenden Fische wesentlich weniger tief als der senkrecht angeströmte Rechen eingebaut werden kann, bietet er neben der horizontalen Hinleitung der Fische eine bessere vertikale Auffindbarkeit der Abstiegsöffnungen.

An sehr großen WKA wird zu prüfen sein, ab welcher Rechenlänge bzw. Anströmwinkel ggf. mehrere Fisch- und Treibgutablenker einzuordnen sind.

Die entsprechend Genehmigung durchzuführenden Fischauf- und -abstiegskontrollen im LSA ergaben bisher folgenden Wissensstand: Eine Leitung abstiegswilliger Fische nach oben mittels flacher gestelltem, herkömmlich senkrecht angeströmtem Rechen funktionierte gar nicht. Die seitliche Leitung abstiegswilliger sohlorientierter Fische nur mittels schräger Sohleitschale vor dem herkömmlich senkrecht angeströmten Rechen funktionierte nur stark eingeschränkt. Die seitliche Leitung abstiegswilliger Fische entlang schräg angeströmtem Leitrechen mit Bypassschacht (Fisch- und Treibgutableiter) funktionierte gut für alle Arten und Größen.



**Abbildung 8:** Erforderliche Elemente und Anordnung der Fischschutz- und -abstiegs- sowie Fischaufstiegs- Anlagen an Fluss- Wasserkraftwerken

Für den Fischaufstieg an WKA durch mehrere Fischaufstiegskontrollen bestätigt wurde die Notwendigkeit von 2 Einstiegssträngen in die Fischaufstiegsanlage. Der 1. Einstiegsstrang für substratgebundene Arten und Kleinfische muss uferseitig am Beginn der natürlichen Gewässersohle ansetzen. Der 2. Einstiegsstrang für schwimmstarke Fische muss unmittelbar am Krafthausende so eingeordnet sein, dass die Leitströmungen aus wiederum 2 Einstiegsöffnungen (über der Be-

tonsohle und unter der Niedrigwasseroberfläche) für alle Abflusskombinationen gegenüber dem Turbinenabstrom dominant sind.

Der Funktionsnachweis der Fischschutz- und -abstiegsanlage ist vom Genehmigungsinhaber mittels eines bei Durchführungstätigkeiten ständig anwesenden öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen für Gewässerschutz zu erbringen. Der Funktionsnachweis der Fischschutz- und -abstiegsanlage umfasst neben der mehrwöchigen Fangkontrolle in ihrem Auslauf auch die Prognose der standörtlichen Überlebensrate auf Basis der Berechnung der turbinenbedingten Mortalität und der Prognose der Schutzeffizienz des Fischschutz- und -abstiegssystems. Soweit durch Steuerorgane an den Fischwechselanlagen, differenzierte Triebwerksbeschickung oder spezielle Wartungsarbeiten Auffindbarkeit und Passierbarkeit der Fischwechselanlage beeinflusst werden können, ist die während der Funktionskontrolle ermittelte optimale Betriebsweise als Anlagenbetriebsplan darzustellen und der Anlagensteuerung zu Grunde zu legen.

### 3 Literatur

- BWK (2006): Methodenstandard zur Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Fraunhofer-IRB Verlag, Stuttgart
- Ebel, G. (2008): Turbinenbedingte Schädigung des Aals, Schädigungsraten an europäischen Wasserkraftanlagenstandorten und Möglichkeiten der Prognose. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Heft 3, 176 S., Halle
- Fredrich, F. (2006): Monitoring zur Durchwanderbarkeit des Muldestausees für potamodrome Fischarten. unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Talsperrenbetriebes Sachsen-Anhalt
- Gluch, A. (2007/2001) Kombiniertes Fisch- und Treibgutableiter für Wasserkraftanlagen. WASSER UND ABFALL 7-8, 2007
- Pavlov, D. S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish. USSR, FAO Fisheries Technical Paper 308, 97 p., Rom

Autor:

Dipl.-Hydrol. Arne Gluch

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt  
Sachbereich Ingenieurbiologie / Ökohydraulik  
Willi-Brundert-Str. 14  
06132 Halle

Tel.: +49 345 5484311

E-Mail: arne.gluch@lhw.mlu.sachsen-anhalt.de