

Der Fachbeitrag

Entschärfung des Sackgasseneffekts durch die unerwünschte Leitströmungswirkung von Mühlgräben gegenüber Ausleitungsstrecken durch diffuse Wasserrückführung – erste Ergebnisse

Einleitung

Die Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen (FAA) ist von den beiden Faktoren Passierbarkeit und Auffindbarkeit abhängig. Im Falle von Ausleitungskraftwerken, die den häufigsten Typ bei Kleinwasserkraftanlagen darstellen, kommt der zur Verfügung stehenden Mindestwassermenge in Abhängigkeit der hydromorphologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen eine besondere Bedeutung zu. Meist wird die Mindestwassermenge vor dem Hintergrund der Passierbarkeit des Migrationskorridors (Ausleitungsstrecke) und der FAA diskutiert. Bisher weniger Beachtung gefunden hat die Tatsache, dass das Verhältnis Ausleitungswassermenge zu Restwasser im Hauptgewässer bereits am Wiedereintrittspunkt des ausgeleiteten Wassers einen entscheidenden Faktor hinsichtlich der *Auffindbarkeit* einer FAA bildet und somit die Funktionsfähigkeit der – oft in einiger Entfernung gelegenen FAA – maßgeblich beeinflusst. Rheophile Fische folgen bei einer gezielten Aufwärtswanderung im Allgemeinen der Leitströmung des abfließenden Wassers. Die Orientierung erfolgt im Wesentlichen durch das Seitenlinienorgan. Wasserkraftwerke (WKA) mit Ausleitungsstrecken werfen dabei häufig das Problem auf, dass aufsteigende Fische am unteren Ende der Ausleitungsstrecke der „irreführenden“ Leitströmung in Mühlengräben folgen und selbst kurze Unterwassergräben durch den Sackgasseneffekt als Migrationsfalle wirken. Die Leitströmung aus Mühlengräben ist bei niedrigen bis mittleren Wasserständen meist deutlich ausgeprägter als in der Ausleitungsstrecke, weil das Wasser über einen engeren Querschnitt und – wegen des Düseneffekts – mit wesentlich höherer Strömungsgeschwindigkeit eingeleitet wird (Bild. 1). Die wesentliche Folge der Sackgassenwirkung von Mühlengräben ist, dass aufstiegswillige

Fische die FAA nicht ohne negative Beeinflussung ihres Zeitbudgets erreichen und passieren. Neben zeitlichen Verzögerungen oder Unterbrechungen der Migration ist auch der Abbruch der Migration und/oder Notlaichungen in Mühlengräben oder im Unterwasser von Ausleitungsstrecken

beschrieben. Durch die genannten Schwierigkeiten beim Auffinden der FAA am eigentlichen Querbauwerk ist entsprechend die Funktionsfähigkeit einer FAA auch dann eingeschränkt, wenn alle Anforderungen an Anordnung und Positionierung sowie die Einhaltung aller gültigen hydraulischen und geometrischen Vorgaben entsprechend DVWK-Merkblatt 232/1996 „Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle“ gewährleistet sind.

Eine wirkungsvolle, jedoch kostenintensive und nicht überall realisierbare Maßnahme ist der Einbau einer zusätzlichen Fischaufstiegsanlage am oberen Ende des Unterwassergrabens an der Wasserkraftanlage.

Als weitere Lösungsmöglichkeit wurde in der Vergangenheit die Absperrung des Mühlengräbenauslaufs durch Gitter propagiert. Diese Variante hat jedoch zwei entscheidende Nachteile:

- a) Das eigentliche Problem der „irreführenden“ Leitströmung wird nicht aufgehoben bzw. lediglich auf den Bereich vor dem Gitter verlagert, da die Fische wegen der nach wie vor ungünstigen Strömungsverhältnisse weiterhin versuchen werden, in den Mühlengräben vorzudringen.
- b) Bei längeren Unterwassergräben entstehen erhebliche Wartungsprobleme durch Laub- und Geschwemmseleintrag (insbesondere zur Migrationszeit der Salmoniden im Herbst), wobei sich die Gitter schnell zusetzen; damit verknüpft wäre ein Rückstauereffekt im Unterwassergraben und entsprechend eine Leistungseinschränkung der WKA.

Wirkungsprinzip Diffuser

Bei einem Diffuser wird an Stelle der punktuellen Rückführung des Wassers am Mühlengräbenauslauf prinzipiell die sukzessive Rückführung an einer Vielzahl von Einzelpunkten angestrebt. Die diffuse Rückleitung kann durch verschiedene Konstruktionstypen erreicht werden und funktioniert prinzipiell wie folgt:

Durch eine am Eintrittsbereich des Mühlengrabens beginnende, für Fische nicht passierbare, parallel zur Hauptströmung führende Aneinanderreihung von Störelementen (Steinblöcke, Palisaden, Lamellen) wird die eintretende „irreführende“ Leitströmung gebrochen und das Wasser aus dem Kraftwerkskanal wird sukzessive (diffus) über eine hohe Zahl an Lücken in das Hauptgewässer eingeleitet. Da sich die Konstruktion auf das Hauptgewässer beschränkt und nicht in die hydraulischen Verhältnisse im Mühlengraben eingreift, ist im Allgemeinen keine Genehmigung des Betreibers der WKA notwendig; dennoch sollte eine frühzeitige Einbindung aller Betroffenen angestrebt werden. Eine entsprechende Konstruktion mit Pilotcharakter wird nachfolgend vorgestellt.

Grundsätzlich kann eine großflächige Verteilung des rückgeführten Wassers auch mittels Palisaden, Lamellen oder Rohren



Bild 1: Diffuser bei ca. 2 MNQ (Eintritt Mühlengraben von rechts, Eintrittswinkel ca. 80°) (Foto: J. Schneider)

erfolgen. Allen Typen ist gemein, dass sie das *natürliche Verhalten* der aufwandernden Fische, nämlich der Hauptströmung zu folgen, als Wirkungsprinzip nutzen. Aufsteigende Fische suchen nicht vor einem Gitter auf eine Einschwimmlage in den Mülhgraben, sondern sie nehmen die „irreführende“ Leitströmung gar nicht erst wahr. Unterstützt wird dieser Effekt dadurch, dass ein Großteil der Wassermenge bereits oberhalb des „Entscheidungspunktes“ für die Migrationsrichtung des Fisches diffus über die Lücken (oder Rohre) eingeleitet wird. Für parallel zur Gewässerachse angelegte Störelemente kann bei ausreichender Zahl an Einzelelementen am untersten Element („Entscheidungspunkt“) bereits mehr als 90% des ursprünglich ausgeleiteten Wassers wieder im Hauptgewässer fließen. Ein ähnlicher Effekt der hydraulischen Entschärfung der irreführenden Leitströmung besteht bei der Panflöten-Anordnung von großen Rohren, wenn diese über eine längere Gewässerstrecke bzw. eine große Fläche angelegt sind. Hier sind jedoch Wartungsprobleme und Veränderungen des Abflussquerschnittes im Hauptgewässer nicht auszuschließen.

Pilotanlage Heimersheim an der Ahr

Eine erste Pilotanlage (Steinreihentyp) wurde im September 2006 an der Ahr an der WKA Greener Mühle in Heimersheim realisiert (Bilder 2 + 3). Die Ahr als Wasser-rahmenrichtlinien-Gewässer und Projektgewässer des rheinland-pfälzischen Programms „Lachs 2020“ ist bereits nahezu vollständig durchgängig gestaltet. Das Wehr der WKA Heimersheim wurde im Jahr 2000 in eine naturnahe Sohlengleite umgebaut. Im Rahmen von Rückkehrer-Kontrollbefischungen (Lachs und Meerforelle) wurden jedoch im rund 500 m langen Unterlauf des Mülhgrabens („Mühlenteich“) wiederholt „verirrte“ adulte Lachse und Meerforellen registriert und auch Notlaichungen dokumentiert.

Kenngrößen Diffuser Ahr:

Bauzeitraum:	September 2006
Durchführung:	SGD Nord, Regionalstelle Wasserwirtschaft Koblenz
Bauausführung:	Firma Natursteinwerk Peter Engels (Plaidt)
Biologische Beratung:	Büro für fisch- und gewässerökologische Studien – BFS Frankfurt
Baukosten:	knapp 5.000 €
Bauzeit:	5 Stunden
Material:	85 Tonnen Basaltblocksteine, Kantenlänge 1,50–1,70 m
Lückenbreite:	ca. 5 cm zwischen den Einzelsteinen, insgesamt knapp 1 m

Der angesetzte Diffuser hat eine Länge von rund 58 m und besteht aus 18 Einzelsteinen. Um den Austrag von Treibgut zu gewährleisten, wurde die Steinreihe ausschließlich parallel zur Gewässerachse gesetzt und unten *nicht* zum Ufer hin abgeschlossen (Bild. 1).

Erfolgskontrollen

Strömungsmessungen (rund 25 cm über Grund, Wassertiefe 40–50 cm; Abfluss 2,8 m³/s) am 17.11.2006 haben ergeben, dass an jenem Punkt, an dem sich die Aufwanderer für eine Migrationsrichtung entscheiden („Entscheidungspunkt“; hier: unteres Ende der Steinreihe) die vormals konkurrierende, irreführende Leitströmung rund 20 mal geringer ist als die Strömung im Hauptfluss (Bilder 6 + 7). Damit dürfte die vormals gegebene „hydraulische Attraktivität“ des Mülhgrabens gegenüber der

Ausleitungsstrecke weitestgehend aufgehoben sein. Die annähernd kontinuierliche Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit im Mülhenteich (im Bereich des Diffusers) mit der Fließrichtung ist darauf zurückzuführen, dass zwischen jeder Lücke bereits eine Rückführung einer Teilmenge des Rückleitungswassers in die Ahr erfolgt (sukzessive Rückleitung).

Kontrollbefischungen mittels Elektrofischerei im Mülhgraben erfolgten im November 2006 und im Juli 2007; beide Monate sind typische Migrationszeiträume der anadromen Salmoniden Lachs und Meerforelle. Die Befischungen zeigten, dass erstmals seit Jahren keine Lachse und wahrscheinlich keine Meerforellen „falsch abgebogen“ sind.

Im November 2006 wurde eine Meerforelle gefangen (die möglicherweise jedoch bereits vor Baubeginn eingeschwommen ist), Lachse wurden nicht nachgewiesen. Die Meerforelle wurde markiert, in die Ahr kurz oberhalb des Diffusers umgesetzt und wenige Tage später in einer Kontrollreuse rund 400 m oberhalb des Diffusers registriert. Laichgruben wurden im Herbst 2006 ebenfalls nicht vorgefunden.

Im Juli 2007 wurden am Eintrittsbereich des Diffusers in die Ahr in einer Auskolkung zwei Barben (um 45 cm) gefangen. Adulte Meerforellen und Lachse wurden nicht registriert. Das Fehlen von Großsalmoniden muss dabei auch vor dem Hintergrund interpretiert werden, dass bis zum Befischungstag eine relativ hohe Anzahl an Rückkehrern in verschiedenen nahe gelegenen Rheinzufüssen verzeichnet wurde (Sieg, Kontrollstation Buisdorf: 25 Lachse, 30 Meerforellen; Saynbach: 7 Meerforellen; Mosel: 25 Meerforellen). Auch

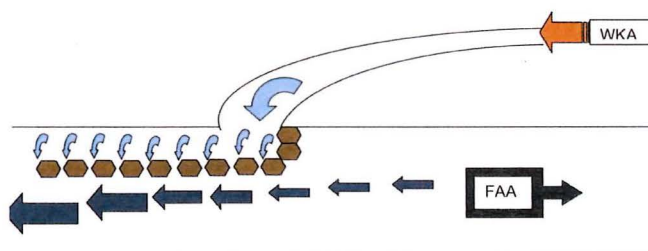


Bild 2: Prinzipskizze Diffuser (Bautyp Steinreihen-anordnung)



Bild 3: Setzen der Einzelsteine

(Foto: J. Groß)



Bild 4: Diffuser bei ca. 2 MNQ

(Foto: J. Schneider)

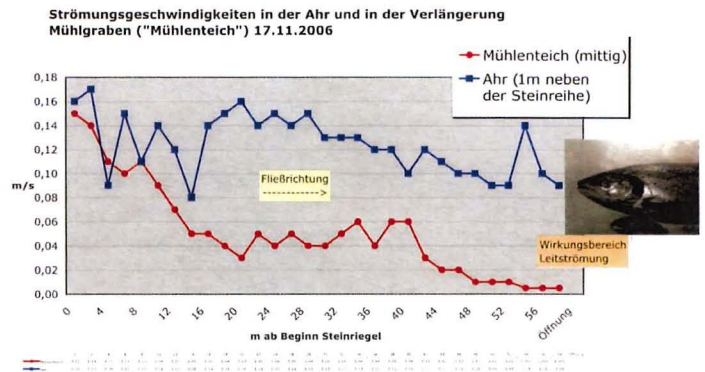


Bild 5: Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich des Diffusers bei ca. 2 MNQ

(Daten: BFS)

im Juli fanden sich keine Belege für eine Notablaichung von Lachsen aus der vergangenen Saison.

Wartungsbedarf: Der postulierte Vorteil der Konstruktion gegenüber Absperrungen mit Gittern am Auslauf des Mühlgrabens, weitgehend wartungsfrei zu sein, hat sich grundsätzlich bestätigt. Bisher sind bei allen Kontrollgängen keine Wartungsnotwendigkeiten aufgetreten. Wie erwartet, wird bei höherer Wasserführung die Steinreihe überspült und Treibgut ausgelesen (siehe „untergetauchte“ Steinreihe bei ca. 0,5 MHQ; Abb. 7). Auch bei der bislang letzten Kontrolle im Juli 2007 (nach den Frühjahr- und Sommerhochwässern), also nach 10 Monaten Betriebszeit, wurde an keiner der Lücken eine Ablagerung von Treibgut verzeichnet und die Anlage war uneingeschränkt funktionsfähig.

Fazit

Das Diffuser-Prinzip könnte helfen, unzählige „neuralgische Punkte“ an Ausleitungs-Wasserkraftwerken in kleinen und mittel-

großen Gewässern auf ausgesprochen kostengünstige und einfache Weise hydraulisch zu entschärfen. Es wird erwartet, dass durch den Einbau von Diffusern durch Aufhebung der Sackgassenwirkung des Unterwasserkanals die Funktionsfähigkeit von FAA auch bei suboptimaler Mindestwasserdotierung wesentlich verbessert werden kann. Damit würde – im Falle nachgewiesener Funktionsfähigkeit – der Einbau einer weiteren Fischaufstiegsanlage im Unterwassergraben vor der Turbine entbehrlich. Um mehr Erfahrungen hinsichtlich der Funktionsfähigkeit von Diffusern zu gewinnen, wird hiermit angeregt, auch andernorts vergleichbare Konstruktionen vorzunehmen und einem Funktionstest zu unterziehen. Dabei erscheint es sinnvoll, über fischereibiologische Erfassungsmethoden (vorzugsweise Elektrofischerei, weil Reusen bei geringer Strömung eine Barrierewirkung bei rheophilen Arten haben) die Einschwimmhäufigkeit vor und nach dem Einbau zu dokumentieren und die Ergebnisse der Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen.

Die Kosten der vorgestellten Konstruktion beliefen sich auf knapp 5.000 Euro; die Bauzeit betrug fünf Stunden. Eine detaillierte Planung war nicht notwendig – die genaue Setzung der (unterschiedlich dimensionierten) Einzelsteine wurden vor Ort gemäß der Strömungsverhältnisse an den Lücken angepasst. Die Standsicherheit ist nach bisherigem Kenntnisstand sehr hoch, weil die Senksteine großzügig dimensioniert sind (Einzelgewicht rd. 3 to) und in Fließrichtung (mit partiellem Kontakt, aber eben nicht bündig) hintereinander stehen.

Dr. Jörg Schneider

Büro für fisch- und
gewässerökologische Studien – BFS,
Frankfurt am Main

Dipl.-Ing. Josef Groß

Struktur- und
Genehmigungsdirektion Nord,
Regionalstelle Wasserwirtschaft,
Koblenz



Bild 6: Diffuser bei ca. 0,7 MQ

(Foto: J. Groß)



Bild 7: Diffuser bei ca. 0,5 MHQ

(Foto: J. Schneider)