

# **Das dynamische Fischwehr –**

## **Ein hochwassersicheres Fischwehr zur Untersuchung der Fischwanderung in kleinen bis mittelgroßen Flüssen**

MÜHLBAUER M., E. TRAXLER, A. ZITEK & S. SCHMUTZ

Abteilung für Hydrobiologie, Aquakultur und Fischereiwirtschaft

Universität für Bodenkultur

Max-Emanuelstrasse 17, A-1180 Wien

### **Abstract**

#### **The Dynamic Fishweir – a flood resistant fish weir for studying fish migration in small and middle-sized rivers**

Within the frame of the EU-LIFE Nature project “Living-space Danube Salmon”, quantitative estimations of fish migrations at different sites within the project area, with emphasis on the migration from the Danube into the river Pielach, are required. Based on the principles of the “resistance board weir”, developed in North America for studying migrations of adult Salmon, a new dynamic, flood resistant fish weir was developed. The system primarily consists of a linked array of picket-fence-like panels made of PVC tubes. The upstream end of each panel is fixed to the river bottom, the downstream end is lifted above the water surface by floating devices. The whole system consisting of panels and traps is build in a modular design, which provides high flexibility. The main advantage of the dynamic fish weir is its flood resistance. During high floods and in case of clogging the weir is submerged and water and trash can pass without damaging the weir. In contrast to conventional traps with wire-mesh fences daily maintenance is extremely reduced because of its self cleaning feature. Due to the use of durable materials and its resistance to floods the lifetime of the construction is relatively high. The use of cheap materials, the low maintenance needs and its resistance to floods, keep the total costs low.

### **1. Einleitung**

Im Zeitraum 1999 bis 2003 wird an 3 niederösterreichischen Alpenvorlandflüssen, Pielach, Melk und Mank, das LIFE Natur Projekt „Lebensraum Huchen“ (Projektnummer NAT/A/6054) durchgeführt. Ziel ist die Umsetzung konkreter Maßnahmen zur Lebensraumverbesserung im Rahmen der Erhaltungspflicht für das europäisch bedeutsame Huchenvorkommen gemäß Flora-Fauna-Habitat (FFH) Richtlinie 92/43/EWG.

Im Projektgebiet befinden sich in der Pielach 6, in der Melk 4 und in der Mank 3 für Fische unüberwindbare Querbauwerke. Flussaufwärtsgerichtete Wanderungen in sowie innerhalb der Flusssysteme werden dadurch weitgehend unterbunden. Zusätzlich verursachten Regulierungsmaßnahmen vor allem in der Melk, aber auch Mank, den Verlust der natürlichen Lebensraumvielfalt. Fehlender Austausch mit dem Hauptfluss Donau, lokale Isolation und Mangel an artgerechten Lebensräumen führten zur Bedrohung bzw. Verschwinden ehemals vorkommender Fischarten sowie ehemals stabiler Populationen.

Konkretes Ziel des Projektes ist die Öffnung des Kontinuums und Vernetzung der Fließgewässerstrecken von Pielach, Melk und Mank mit der Donau (Wachau, 33 km Fließstrecke) zur Schaffung von Migrationsmöglichkeiten für die fließgewässerspezifische Fischfauna. Der angestrebte Vernetzungseffekt begünstigt einerseits den genetischen Austausch der getrennten Populationen, andererseits die auf Laichhabitate in den Zubringerflüssen angewiesenen Huchen- und Cyprinidenpopulationen der Wachau (Natura 2000 Gebiet: AT 1205A00). Ein weiteres Ziel ist die Erhaltung der letzten dynamischen Wildflussabschnitte Österreichs an der Pielach (Mäanderstrecken), die aufgrund ihrer Dynamik stark strukturierte Bereiche mit vielfältigen Habitatstrukturen ausbilden und daher besonders wertvolle Lebensräume darstellen. Zusätzlich erfolgen in Melk und Mank Restrukturierungsmaßnahmen, um neben der Durchgängigkeit bis zur Mank entsprechende Lebensräume für die Fischfauna zu schaffen. Alle im Projekt vorgesehenen Maßnahmen finden im NATURA 2000 Gebiet „Niederösterreichische Alpenvorlandflüsse“ statt (AT 1219000).

Die Abteilung für Hydrobiologie ist im Rahmen des EU-LIFE Projektes „Lebensraum Huchen“ mit den fischökologischen Begleituntersuchungen beauftragt. Diese umfassen die Erhebung des Ist-Zustands, die Erstellung des flusstypspezifischen Leitbildzustandes, Evaluierung der Einzelmaßnahmen sowie eine abschließende Gesamtbewertung. Eine Hauptaufgabe des Monitorings ist der Funktionalitätsnachweis der neu erbauten Fischwanderhilfen. Bereits in den Jahren 2000 und 2001 erfolgten erste Umbauarbeiten im Sinne einer Kontinuumsöffnung an der Melk. Die Sohlrampe „Weißer Stein“ (km 7) und das Wehr in der Diemlingschlucht (km 12) wurden mit Fischwanderhilfen in Form von Rauherinnen versehen, und in weiterer Folge untersucht. Eine zusätzliche Fragestellung, die im Rahmen des Monitorings im Jahr 2001 erstmals bearbeitet wird, ist die quantitative Erfassung der jährlich zur Laichzeit aus der Wachau in den Unterlauf bzw. Mündungsbereich der Pielach einwandernden Fischmengen. Die zahlenmäßige Erfassung der einwandernden Fische soll einerseits die Wichtigkeit der Passierbarmachung von Kontinuumsunterbrechungen belegen, andererseits die Bedeutung von Nebenflüssen der Donau als Laich- bzw. Rückzugshabitat klären.

Befischungen der Wachau in den letzten Jahre deuten auf dramatische Bestandeseinbrüche bei typischen Donaufischen hin (Zauner, 2002), die erstmalige detaillierte Darstellung der in die Pielach einwandernden

Fischmengen stellt für alle zukünftigen Untersuchungen eine Referenzsituation dar, anhand derer Veränderungen der Populationen in der Wachau nachvollzogen werden können. Durch die Markierung aller gefangener Individuen sind weitere Untersuchungen bezüglich der Bestandesdichten in der Wachau ebenso möglich, wie die Untersuchung, ob und wie viele Fische mehrere Jahre hintereinander die Pielach zum Laichen aufsuchen. Die speziellen fischökologischen Fragestellungen an Pielach und Melk erfordern eine quantitative Erhebung der Fischwanderung an einem bestimmten Flussprofil. Fischdichte Absperrungen und Fangvorrichtungen, die möglichst alle wandernden Fische erfassen, sind hierfür notwendig. Untersuchungen dieser Art stellen in Flüssen mit stark schwankendem Abfluss jedoch seit je her ein großes methodisches Problem dar. Es zeigte sich der Bedarf nach einer Fischabspernung, die hochwassertauglich, transportabel und zugleich kostengünstig ist. Zu diesem Zweck wurde das "dynamische Fischwehr" entwickelt. Dieses System wurde in Anlehnung an nordamerikanische Vorbilder zur Erfassung der Lachswanderung ("resistance board weir"; Tobin, 1994) vom Autorenteam entworfen, getestet und schließlich in Eigenregie gebaut. Letztlich war die quantitative Erfassung der zur Laichzeit aus der Donau in die Pielach wandernden Fische nur auf Basis des für Österreich erstmaligen Einsatzes dieser flexiblen, hochwassersicheren Flussabspernung möglich (s. Abb. 1).



Abb. 1: Dynamisches Fischwehr an der Pielachmündung

## 2. Prinzip des dynamischen Fischwehrs

Das Prinzip einer solchen Absperrung ist es, sich bei Hochwässern und großen Mengen Treibguts umzulegen bzw. dem Wasserdruck nachzugeben, und trotzdem bis auf kurze, intensive Hochwasserspitzen voll funktionstüchtig zu bleiben. Das Fischwehr besteht im Wesentlichen aus rechteckigen Paneelen, die modulartig

nebeneinander an der Flusssohle befestigt werden, so dass die gesamte Flussbreite abgesperrt wird. Die Paneele entsprechen aus PVC-Rohren gefertigten Rechen (s. Abb. 2). Der Abstand der Rohre wird so gewählt, dass der Fang von Fischen ab einer bestimmten Größe gewährleistet wird. Zugleich wird der Abfluss bei Nieder- und Mittelwasser durch die Paneele abgeführt. Die Nachgiebigkeit gegenüber Hochwasser wird dadurch erreicht, dass ein Ende des Paneels an der Sohle befestigt wird und das andere sich flussab frei in der Strömung bewegt. Das flussabliegende Ende wird durch einen Auftriebskörper über der Wasseroberfläche gehalten. Tritt ein Hochwasser auf, steigt der Staudruck aufgrund erhöhter Fließgeschwindigkeit, Wassermenge und Verklausung der Wehrpaneele so lange an, bis die Auftriebskraft des Schwimmkörpers nicht mehr ausreicht und das flussab gerichtete Ende des Paneels untergetaucht wird. Wasser und Treibgut können nun gefahrlos über das Fischwehr abgeführt werden. Nach dem Rückgang des Hochwassers tauchen die Paneelenden automatisch wieder auf. Ein weiterer Vorteil dieses Systems gegenüber starren Abspernungen ist die weitgehende Selbstreinigung. Im Hochwasserfall nimmt die Strömung angeschwemmtes Treibgut durch Untertauchen der Paneele wieder mit sich, im Niederwasserfall werden die Paneele durch Begehen untergetaucht und so vom Treibgut befreit bzw. mit Rechen gereinigt.

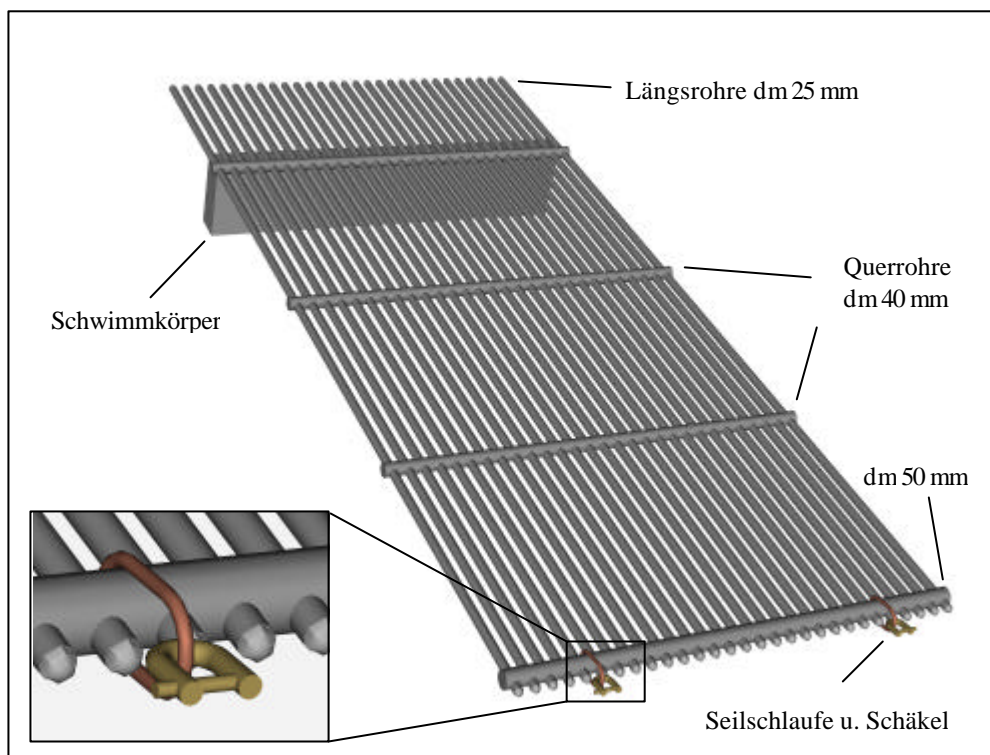


Abb. 2: Wehrpaneel-Typ "Pielach"

Der Fang der Fische erfolgt mittels zweier, in der Abspernung integrierter Reusenkästen. Treffen die Fische bei ihrer Wanderung auf das Fischwehr, suchen sie seitwärts, bis ein vermeintliches Schlupfloch in der Abspernung gefunden wird und wandern in die Reuse ein. Die Reusenkästen werden 1-3mal täglich entleert, die Fische

markiert und die gewünschten Daten (Fischart, Länge, Gewicht, Geschlecht, Gesundheitszustand) erhoben.

Danach werden die Fische in die von ihnen angestrebte Richtung entlassen.

Die Anforderungen an das dynamische Fischwehr sind gegenüber denen an das amerikanische "resistance board weir" (Tobin, 1994) um folgende Punkte erweitert:

- ?? Es wird nicht nur die Aufwärtswanderung erhoben, sondern auch die Abwärtswanderung.
- ?? Durch die Position des Fischwehrs flussauf der Mündung eines kleineren Flusses in einen größeren, ergibt sich bei Hochwasser des Hauptflusses das Problem des Rückstaus in den Zubringer. Das „resistance board“, dass bei der amerikanischen Bauweise den Auftrieb der Paneele gewährleistet und je nach den Strömungsverhältnissen im Winkel verändert werden kann, wird aufgrund der Rückstausituation im Bereich der Pielachmündung durch Schwimmkörper mit Eigenauftrieb ersetzt. Diese führen zu einem selbständigen Aufrichten der Paneele bei Rückstau bzw. stark verminderten Fließgeschwindigkeiten.

### **3. Konstruktion und Einbau**

Im Rahmen der Untersuchungen wurden im Jahr 2001 an drei Standorten im Projektgebiet Fischabsperungen benötigt. Dabei gab es zwei unterschiedliche Fragestellungen zu bearbeiten:

#### Pielachmündung:

Ziel der Untersuchungen an der Pielachmündung ist die Ist-Zustandsaufnahme der Laichwanderung aus der Donau in die Pielach. Die Erhebung beschränkt sich auf Großfischarten wie Huchen, Barben, Nasen usw., weshalb eine lichte Stabweite von 20 mm für Paneele und Reusenkästen gewählt wurde. Damit können Fische ab einer Körperlänge von ca. 200 mm gefangen werden. Es werden Paneele mit 3 m Länge aus Rohren mit einem Außendurchmesser von 25 mm angefertigt.

#### Rauhgerinne an den Wehranlagen Weißer Stein und Diemling:

Für das Monitoring der Fischaufstiegshilfen sollten auch Kleinfischarten bzw. Juvenile großer Fischarten erfasst werden. Die Stabweite wird deshalb auf 10 mm herabgesetzt. Dieser Abstand gewährleistet den Fang von Fischen ab einer Länge von 100 bis 120 mm. Um eine annähernd gleiche Abflusskapazität zu erhalten, wird die Paneellänge mit 6 m und der Rohraußendurchmesser mit 20 mm gewählt.

#### **3.1 Wehrpaneele**

Die Paneele ermöglichen es, dass die Absperrung den hydrologischen Gegebenheiten eines Fließgewässers, insbesondere den Hochwasserereignissen, standhält. Die Paneele bestehen im Wesentlichen aus PVC-Rohren,

die durch Querrohre zu einem Rechen verbunden sind (s. Abb. 2). Maschenweite bzw. Stabweite und Paneellänge sind die zwei wesentlichen Vorgaben für die Konstruktion. Sie hängen hauptsächlich von der Fragestellung, aber auch vom zu bewältigenden Abfluss ab (s. Kap. 4). In die Querrohre (Länge: 130 cm) werden, entsprechend dem Rohrdurchmesser der Längsrohre, Löcher gebohrt und geschliffen. Durch diese werden Längsrohre geschoben. Das unterste, etwas dickere Querrohr (DN 45) wird mit PVC-Kleber mit den Längsrohren verklebt, da dieses die hydraulischen Belastungen auf die Sohlbefestigung übertragen muss. Um die Längsrohre wasserdicht abzuschließen, werden die Enden auf ca. 20 cm Länge mit Brunnenschaum verschlossen. Die untersten Querrohre werden mit 2 Schlaufen aus abriebfestem Seil versehen. Schraubschäkel verbinden das Paneel mit der Sohlbefestigung (s. Abb. 2). Um das Paneel gegen den Strömungsdruck über Wasser zu halten bedarf es eines Auftriebskörpers. Diese Schwimmkörper werden aus Hartstyropor gefertigt (Maße: 120\*20\*10 cm), und werden schließlich mit zwei Schnüren (dm 5 mm) am letzten flussabliegenden Querrohr befestigt. Um ungleichmäßigen Strömungsdruck auf die Absperrung zu kompensieren, werden einzelne Paneele mit zusätzlichen Auftriebskörpern versehen. Schließlich werden die Paneele untereinander mit Gummiseilen verbunden, um größere Spalten zwischen den Paneelen zu vermeiden. Gleichzeitig gewährleisten die Gummiseile eine bewegliche Verbindung, die, wenn das Wehr beim Reinigen begangen wird, einer Beschädigung der Paneele vorbeugen.

#### Materialbedarf für ein einbaufertiges Paneel:

1 Paneel (Typ "Pielach" – 2 cm Abstand):	29 PVC-Rohre; 300 cm lang, DN 20, Außendurchmesser 25 mm
	1 PVC-Rohr; 130,5 cm lang, DN 45, Außendurchmesser 50 mm
	3 PVC-Rohre; 130,5 cm lang, DN 35, Außendurchmesser 40 mm
1 Paneel (Typ "Melk" – 1 cm Abstand):	43 PVC-Rohre; 600 cm lang, DN 16, Außendurchmesser 20 mm
	1 PVC-Rohr; 129 cm lang, DN 45, Außendurchmesser 50 mm
	6 PVC-Rohre; 129 cm lang, DN 35, Außendurchmesser 40 mm
unabhängig vom Paneeltyp:	1 Schwimmkörper
	1 m abriebfestes Seil
	2 rostfreie Schraubschäkel, Maulweite 22 mm
	1,5 m Gummiseil
	4 m Nylonschnur (dm 5 mm)

### **3.2 Sohlbefestigung**

Die Sohlbefestigung besteht aus im Baustoffhandel erhältlichen Gitterträgern. Diese sind in Längen von 1 bis 6 m in 20 cm Abständen erhältlich. Mittels ins Substrat eingeschlagener Torstahlnägeln werden diese an der Sohle befestigt (s. Abb. 3). Die Torstahlnägeln werden aus 20 mm starker Meterware hergestellt. Je nach Substrat sollten die Nägel 100 cm (Grobkies) bis 160 cm (Feinkies, Sand) lang sein. Dabei empfiehlt es sich, die Enden in einem Winkel von zumindest 45° zuzuschneiden, um das Einschlagen zu erleichtern. Weiters werden die Gitterträger durch eine Verbindung aus Draht gegen vertikales Aushebeln gesichert. Die einbaufertigen Wehrpaneele werden dann an den Stahlverstreben der Deckenträger eingehängt. Um die Sohlbefestigung für Fische abzudichten und gegen Auskolkungen zu schützen, werden die Gitterträger beim Einbau bis zur Hälfte im Substrat eingegraben und an der flussaufgelegenen Seite mit länglichen, schottergefüllten Silosandsäcken (s. Abb. 4) geschützt.

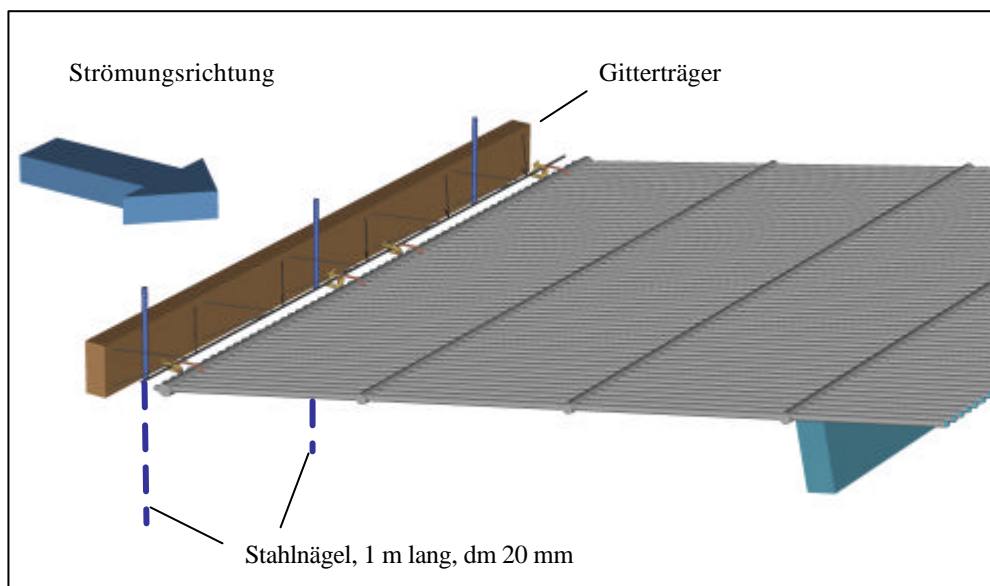


Abb. 3: Sohlbefestigung (gekippter Gitterträger, durch Stahlnägel im Substrat befestigt)



Abb. 4: Gefüllter Silosandsack zur Abdichtung des Fischwehrs

### 3.3 Reusenkästen

Die Reusenkästen sind massive Stahlkonstruktionen in Modulbauweise, wodurch die Kästen äußerst stabil und beliebig erweiterbar sind. Die einzelnen Modultafeln bestehen aus einem Rahmen (L-Stahlprofilen) und dem eigentlichen Absperrrechen (glatte Eisenstäbe) (s. Tab. 1). Die einzelnen Modulteile werden mittels Schrauben miteinander verbunden (s. Abb. 5). Jedes senkrecht stehende Modul erhält Laschen, die am Boden aufliegen. Durch diese Laschen werden Torstahlnägel eingeschlagen, die den Reusenkasten an der Flusssohle verankern. Boden und Deckel werden nicht mit Stäben sondern mit Baustahlgitter ausgekleidet. Das Gitter wird mit beschichtetem Maschendrahtzaun bespannt. Am Reuseneingang ist eine Kehle aus Netzmaterial befestigt, die mit Schnüren ins Reuseninnere gespannt wird. Das Flussauf-Ende des Reusenkasten wird mit einem dreieckigen "Treibgutabweiser" versehen der verhindert, dass sich im Hochwasserfall Treibgut vor dem Reusenkasten querlegt (s. Abb. 5).

Tab. 1: Dimensionen und Materialbedarf der einzelnen Reusenkastenmodule

Modul	Boden	Seite	Stirnseite	Reusen- eingang	Deckel
Rahmenlänge [m]	2	2	1,3	1,3	2
Rahmenbreite [m]	1,2	1,3	1,28	1,28	1,28
<b>Materialbedarf</b>					
L-Profil 4*4 cm [m]	6,4	6,6	5,85	5,85	6,6
Torstahl 8 mm [m] (2 cm Abstand)		83,6	52,7	4,8	
Torstahl 8 mm [m] (1 cm Abstand)		130,0	81,9	4,8	
Baustahlgitter 5 mm + Zaun [m <sup>2</sup> ]	2,2				2,4
Masse [kg] (2 cm Abstand)	21,0	50,8	36,6	17,8	21,8
Masse [kg] (1 cm Abstand)	21,0	69,0	48,1	17,8	21,8

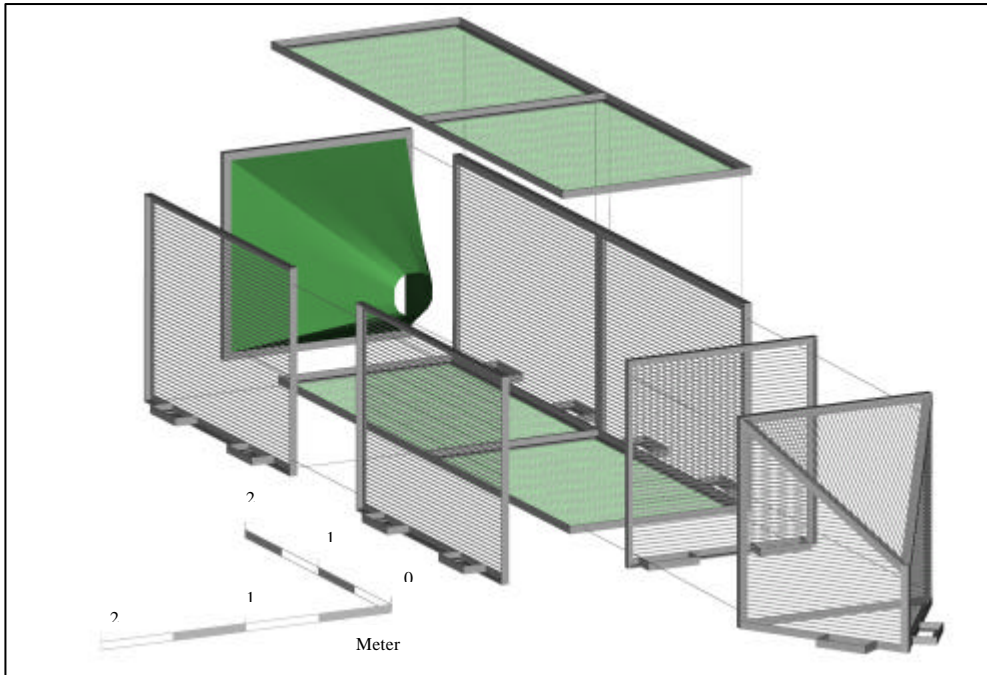


Abb. 5: Explosionsskizze eines Reusenkastens für den Fang flussauf ziehender Fische

### 3.4 Feste Absperrung an den Ufern

Um das dynamische Fischwehr an den Flussuferböschungen fischdicht zu gestalten, ist zusätzlich eine starre Absperrkonstruktion notwendig, die eine Verlängerung der Absperrung zur Böschung hin darstellt. Gleichzeitig muss jedoch auch ein ungehindertes Auf- und Abbewegen der Paneele bei Wasserstandsänderungen möglich sein. Die feste Absperrung besteht aus einer Holzkonstruktion, die mit Torstahlnägeln im Sohlsubstrat bzw. mit Holzpflocken in der Uferböschung befestigt ist (s. Abb. 6). Diese wird schließlich mit steifem, beschichtetem Maschendrahtzaun überspannt. Um die Beweglichkeit als auch die Fischdichtheit der Paneele entlang der festen Absperrung zu gewährleisten werden an den äußeren Paneeleenden Bürsten befestigt. Bei guter Standortwahl stellen die geringeren hydraulischen Belastungen im Uferbereich kaum Gefahr für die starren Absperrungsteile dar.



Abb. 6: Zusatzkonstruktionen (seitliche Absperrung sowie Reusenaufbau) zur Abdichtung des Fischwehrs bei Rückstau aus der Donau

#### 4. Dimensionierung des Fischwehrs

Das dynamische Fischwehr kann nicht für jeden zu erwartenden Abfluss fischdicht bleiben. Daher gilt es, bei Planung und Bau der Absperrung einen Kompromiss aus Konstruktionsaufwand und Länge des fischdichten Zeitraums zu finden. Die Kenntnis der hydrologischen Verhältnisse ist daher unerlässlich. So kann aus einer Überschreitungsdauerlinie oder Jahresganglinie für den Untersuchungszeitraum prognostiziert werden, für wie lange ein gewisser Abfluss wahrscheinlich überschritten wird. Weiters muss bekannt sein welche Abflüsse von der Absperrung bewältigt werden können, ohne überströmt zu werden. Dieses Leistungsvermögen des Fischwehrs kann mit der Abflusskapazität in  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  angegeben werden.

Grundbedingung für die Bemessung der Paneele für den jeweiligen Abfluss bildet der durch die Fragestellung vorgegebene Rohrabstand. Die verbleibenden Variablen sind Rohrdurchmesser, Paneellänge sowie die jeweilige Gerinnegeometrie am Standort (s. Kap. 5). Je kleiner der Rohrdurchmesser um so größer ist insgesamt der für den Abfluss effektive Querschnitt, wodurch die Abflusskapazität direkt erhöht wird. Andererseits wird durch einen größeren Rohrdurchmesser die Stabilität der Paneele erhöht und die Selbstreinigung verbessert. Es wird daher empfohlen, keine PVC-Rohre mit einem kleineren Außendurchmesser als 20 mm zu verwenden. Größere Wassertiefe und Paneellänge erhöhen ebenso die Abflusskapazität. Es ist jedoch nicht sinnvoll überlange Paneele zu verwenden, da das Fischwehr im Hochwasserfall untergetaucht werden soll, um nicht durch Treibgut und zu hohe hydraulische Belastungen beschädigt zu werden.

Um die Dimensionierung des Fischwehrs für einen Standorte durchzuführen, kann die Abflusskapazität in Abhängigkeit von den beiden Variablen Wassertiefe am Reusenstandort und Paneellänge mit Hilfe der Rechenformel von Kirschmer (s. Abb. 7) abgeschätzt werden. Diese Formel dient zur Berechnung des Stauverlustes bei Rechen im Wasserbau. Unter Stauverlust versteht man die Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser. Dieser ist im Falle des Fischwehrs durch die Auftriebskraft der Paneele und Schwimmkörper bestimmt. Der Stauverlust  $dh$  erreicht seinen höchsten Wert kurz vor dem Untertauchen des Paneels, das heißt bei der maximalen Kapazität des Paneels. Der Stauverlust kann natürlich durch zusätzliche Auftriebskörper erhöht werden.

$dh = b (s/e)^{(4/3)} v^2/2g \sin(d)$		Rechenstau nach Kirschmer
$dh$	Stauverlust [m]	
$b$	Formfaktor für Stabquerschnitt - 1,8 bei Kreisprofil	
$s$	Stabdicke [m]	
$e$	lichter Stababstand [m]	
$v$	Fließgeschwindigkeit flussauf des Rechens [ $ms^{-1}$ ]	
$d$	Neigungswinkel der Stäbe gegenüber der Horizontalen [ $^{\circ}$ ]	
$g$	Fallbeschleunigung = 9,81 [ $ms^{-2}$ ]	

Abb. 7: Rechenstauformel nach Kirschmer (vgl. Bollrich, 1996)

Um die Eingangswerte für die Kirschmer Formel zu erhalten, wurden bei erhöhter Wasserführung Messungen am Fischwehr an der Pielachmündung durchgeführt. Bei gerade noch gegebener Funktionstüchtigkeit der Absperrung wurden gleichzeitig Stauverlust (0,05 m) und Wassertiefe flussauf der Absperrung an der tiefsten Stelle des Fischwehrs (0,60 m) gemessen. Eine weitere benötigte Einstiegsgröße ist der Neigungswinkel der Paneele. Dieser ergibt sich aus der eingetauchten Paneellänge und der Wassertiefe. Diese Werte sind Grundlage für die Berechnung der Abflusskapazität mit der Formel von Kirschmer. Durch Umformung der Gleichung (s. Abb. 7) lässt sich bei gegebenem  $dh$  auf die Fließgeschwindigkeit schließen, und mittels der errechneten Fließgeschwindigkeit sowie der Wassertiefe die Abflusskapazität errechnen. Mit der umgeformten Gleichung errechnet sich schließlich der Abfluss pro Meter Fischwehr (maximale spezifische Abflusskapazität) mit  $0,7 m^3 s^{-1} m^{-1}$ . Bei einer Länge des Fischwehrs an der Pielachmündung von ca. 24,5 m (exkl. 2 Reusenkästen) ergibt sich rechnerisch ein maximaler Abfluss von  $17 m^3 s^{-1}$  bis zu dem das Fischwehr "dicht" bleiben sollte.

Abflussmessungen an der Pielachmündung ergaben einen Abfluss von  $11 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  bei gerade noch nicht überströmten Paneelen. Der Unterschied zum errechneten Ergebnis mittels Kirschmer Formel ergibt sich im Wesentlichen wegen der unregelmäßigen Tiefen- und Fließgeschwindigkeitsverhältnisse am Fischwehr bzw. der Verklausung der Wehrpaneele.

Mittels umgeformter Kirschmer Formel wurde ein Nomogramm erstellt, mit dem sich die maximale Abflusskapazität pro Meter Fischwehr in Abhängigkeit von Paneellänge und Wassertiefe auch für andere Fischwehrstandorte abschätzen lässt (s. Abb. 8). In Verbindung mit der Gerinnebreite ergibt sich der maximale bewältigbare Abfluss der gesamten Absperrung. Bei der Erstellung des Nomogramms wurde die Annahme getroffen, dass der Stauverlust bei maximaler Abflusskapazität unabhängig von Paneellänge und Wassertiefe konstante 5 cm beträgt. Aufgrund der vereinfachenden Annahmen und der Ungenauigkeit der Kirschmer Formel kann das Nomogramm lediglich Richtwerte liefern.

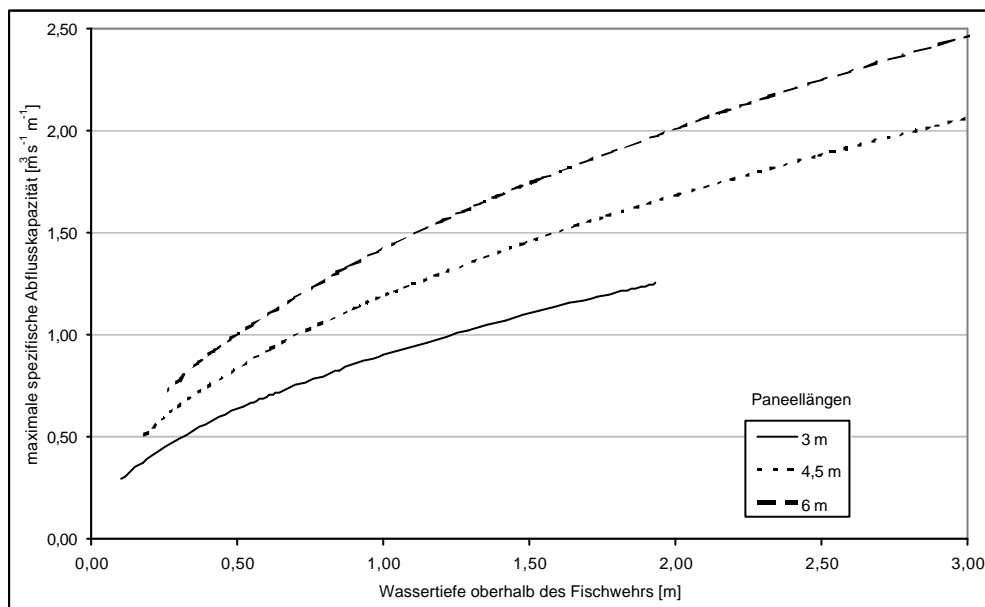


Abb. 8: Maximale spezifische Abflusskapazität des dynamischen Fischwehrs (bewältigbarer Abfluss pro Meter Fischwehr) bei einem konstanten Stauverlust von 0,05 m für den Paneeltyp “Pielach“ (Außenrohrdurchmesser: 25 mm; lichter Stababstand: 20 mm) in Abhängigkeit von Wassertiefe am Fischwehrstandort und Paneellänge

#### 4.1 Bemessung der Anlage auf das Eintreten von Rückstauereignissen

Ist die Absperrung in der Nähe der Mündung eines kleineren in einen größeren Fluss positioniert, kann es bei Hochwasser des Hauptflusses zum Rückstau in den Nebenfluss kommen. Wieder kann aus hydrologischen Dauerlinien abgeschätzt werden, welche Wasserstände im Untersuchungszeitraum auftreten. Die Paneellänge und Höhe der festen Absperrungsteile an den Ufern sind auf den zu erwartenden Wasserstand zu dimensionieren.

Die bei der Überflutung der Reusenkästen entstehenden Freiräume müssen ebenfalls mit auf den Kästen befestigten Paneelen abgesperrt werden (s. Abb. 6).

## 5. Standortauswahl

In erster Linie wird der Fischwehrstandort durch die Fragestellung bestimmt. Darüber hinaus sind jedoch hydrologische, hydraulische, und morphologische Gegebenheiten für die Funktionstüchtigkeit und Standsicherheit der Anlage von entscheidender Bedeutung. Folgende Aspekte sollten bei der Standortauswahl berücksichtigt werden:

- ?? Die longitudinalen Wanderwege in der Tiefenlinie bzw. entlang der Hauptströmung sollen auf möglichst direktem Wege zu den Reuseneingängen führen.
- ?? Ein möglichst breites Flussbett mit einheitlicher Geschwindigkeits- und Tiefenverteilung im Profil bewirkt eine gleichmäßig geringe hydraulische Belastung der einzelnen Paneele.
- ?? Auswahl einer Flussstelle mit geringer Geschiebeumlagerung.
- ?? Das Fischwehr sollte möglichst auch im Hochwasserfall direkt angeströmt werden. An Standorten, bei denen sich die Fließrichtung im Falle von Hochwässern stark ändert, kann die Anlage durch schräge Anströmung gefährdet sein.
- ?? Bevorzugt sind steile Böschungen ohne Unterspülung, um mit starren Absperrungsteilen die Ufer möglichst einfach fischdicht gestalten zu können.
- ?? Da die Befestigung der Absperrung und der Reusenkästen mit Stahlnägeln in der Gewässersohle erfolgt, gilt dem Substrat besonderes Augenmerk. Größere Steine machen das Einschlagen der Nägel unmöglich. Sand und Feinkies halten größeren Querkraften auf die Stahlnägel unter Umständen nicht stand. Standorte mit Grobkies sind daher am günstigsten.

Wassertiefe: Es werden für den mittleren Niederwasserfall Standorte mit Wassertiefen von mind. 50 – 60 cm empfohlen, die sich wie folgt begründen:

- ?? Größere Wassertiefe bedeutet höhere Abflusskapazität des Fischwehrs (s. Abb. 8).
- ?? Bei seicht durchflossenen Reusenkästen mit flach gespannter Kehle kann sich beim Reuseneingang ein hydraulischer Fließwechsel von strömend zu schießend einstellen (Abb. 9). Speziell bei der Abwärtseinwanderung in die Reuse wurde dadurch eine starke Scheuchwirkung auf gewisse Arten (v.a. Nase) beobachtet, die ohne Fließwechsel in diesem Bereich nicht bestand.

- ?? Bei größerer Wassertiefe können einwandernde Fische durch die Reusenkehle weiter vom Gewässergrund weggeleitet werden. Dadurch wird das Herausfinden aus dem Reusenkasten speziell für bodenorientierte Arten stark erschwert.
- ?? Zu Zeiten starker Fischwanderaktivität kann es zur Überfüllung der Reuse kommen. Durch tiefer eingetauchte Reusenkästen wird mehr Wasservolumen zur Verfügung gestellt.
- ?? Allerdings sind zu große Wassertiefen hinderlich beim Einbau, Entleeren und Warten der Reuse.

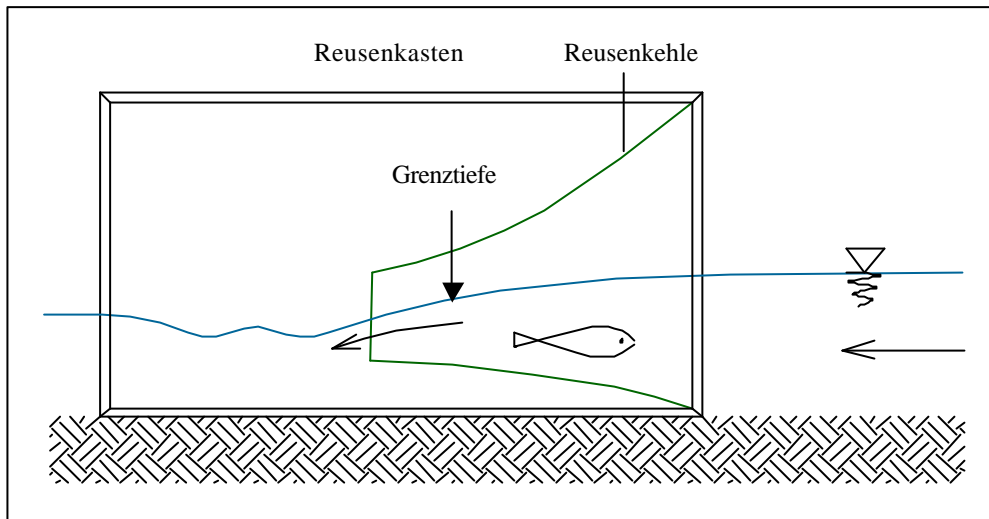


Abb. 9: Schematischer Längsschnitt einer Abwärtsreuse, Entstehung des Fließwechsels beim Reuseneingang einer seicht durchströmten Abwärtsreuse

## 6. Funktionalität und Betrieb des dynamischen Fischwehrs

In den Jahren 2001 und 2002 wurde das dynamische Fischwehr bisher an sechs Standorten erfolgreich eingesetzt (s. Tab. 2).

Tab. 2: Bisheriger Einsatz von dynamischen Fischwehren im Rahmen des Life-Natur-Projektes „Lebensraum Huchen“

Standort	Zeitraum	Zweck
Pielachmündung	02.04 - 14.07.2001 und 15.02 - 25.06.2002	Monitoring der Einwanderung aus der Donau
FAH Diemling	17.05 - 09.07.2001	Monitoring der FAH
FAH Weißer Stein	27.05 - 09.07.2001	Monitoring der FAH (s. Abb. 10)
Melk 1 km flussauf der Mündung	01.03 - 08.06.2002	Monitoring der Einwanderung aus der Donau bei HW bzw. aus dem Stau der Mündungsrampe
FAH Mühlau	25.04 - 08.06.2002	Monitoring des Wehrkolks zur Gegenüberstellung mit den Aufstiegszahlen der FAH
FAH Spielberg	29.09 - 18.10.2002	Monitoring der FAH



Abb. 10: Standort eines Fischwehres an der FAH Weißer Stein

### 6.1 Hochwassertauglichkeit

Die elastische Konstruktion der Wehrpaneele aus PVC-Rohren hält den Belastung durch Wassermassen, Treibgut und Begehen durch Reusenwärter gut stand. Die Sohlbefestigung aus Gitterträgern erfährt keine Auskolkungen, was bei der Sohlverankerung des “resistance board weirs“ oft ein Problem darstellt (Tobin, 1994). Sowohl im Frühjahr 2001 als auch 2002 finden an der Pielach Hochwässer statt, die das Fischwehr für mehrere Tage überströmen, aber nicht beschädigen. Selbst extreme Hochwässer wie das Ereignis im März 2002 (Pegel Hofstetten:  $120 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ) verursachen keine Beschädigung, führen aber dazu, dass eine unbekannte Anzahl an Fischen die Anlage unkontrolliert passiert. Das Fischwehr an der Pielachmündung ist bis zu einem Abfluss von  $11 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  “fischdicht“. Höhere Abflüsse bei denen das Fischwehr untergetaucht wird, werden durchschnittlich an ca. 50 Tagen im Jahr erreicht. Der mittlere Abfluss an der Pielachmündung beträgt ca.  $8,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

### 6.2 Fängigkeit

Während eines ca. einjährigen Donauhochwassers Mitte Juni 2001 wird das Fischwehr an der Pielachmündung zweimal innerhalb einer Woche von der Donau her eingestaut und senkrecht aufgerichtet (s. Abb. 11). Aufgrund fehlender Absperungen für diesen Fall entstehen über den Reusenkästen und an den Uferböschungen nicht abgespernte Freiräume, die für Fische leicht auffindbar sind, und so zu einer unkontrollierten Ein- bzw. Auswanderung von Fischen führen. Bei einem kleineren Hochwasser zwischen 08.04.01 – 15.04.01 mit einem Spitzenabfluss von ca.  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  wird das Fischwehr untergetaucht und ca. 25 cm mit hoher Geschwindigkeit

überströmt. Die Passierbarkeit für Fische über das Fischwehr dürfte in solchen Fällen lediglich in Flussabrichtung gegeben sein.



Abb. 11: Fischwehr an der Pielachmündung bei Donaeinstau im Jahr 2001

Im Jahr 2002 wird an der Pielachmündung die Anlage erstmals in verbesserter Form (feste Absperrungen an den Ufern bzw. Paneele auf den Reusenkästen) mit Beginn der maßgeblichen Fischwanderungen (ab 15.02.02) in Betrieb genommen. Trotz mehrerer Hochwässer, bei denen das Fischwehr außer Betrieb gesetzt wird, gelingt es, repräsentative Prozentsätze der einwandernden Fische zu fangen (s. Tab. 4). Die Ermittlung der tatsächlich eingewanderten Individuenanzahl erfolgt für diese Fischarten anhand der Fang-Wiederafang-Methode (Mühlbauer, 2001). Insgesamt werden 27 Arten nachgewiesen, repräsentative Fänge gelingen bei einer lichten Stabweite von 2 cm ab ca. 200 mm Fischlänge (s. Tab. 3). Die dominierenden Fischarten sind Barbe, Nase und Aitel. Deutlich unterscheidet sich v.a. der Prozentsatz der gefangenen Barben und Nasen (42% bzw. 21%) an den tatsächlich eingewanderten. Durch zusätzlich flussauf der Absperrung durchgeführte E-Befischungen wird der Prozentanteil der gefangenen Fische bei Barbe und Nase auf 46% bzw. 28% erhöht. Insgesamt werden im Jahr 2002 8 Huchen nachgewiesen, wobei 4 Individuen mittels Reuse gefangen werden.

Für Fischarten, die sich bei ihrer Wanderung stärker an der Sohle orientieren, scheint die Anlage trotz Einstau während eines Donauhochwassers teilweise funktionstüchtig zu bleiben. So befindet sich nach Rückgang des Hochwassers im März 2002 zwar ca. 600 Barben in den Reusenkästen, aber nur einige Nasen, obwohl diese ebenfalls während des Hochwassers nachweislich in hohen Stückzahlen einwanderten.

Tab. 3: Gesamtfang mittels Fischwehr und E-Befischungen an der Pielachmündung im Jahr 2002 mit Angabe der Fischlängen und der Wanderrichtung bei den Reusenfängen

Fischart	Reusenfänge			E-Befischung	Gesamt
	Längen von- bis [mm]	absolut Fangzahlen flussauf	absolut Fangzahlen flussab	Gesamtfang abzüglich der wiedergefangenen Fische	Fang mittels Fischwehr und E-Befischung abzüglich der wiedergefangenen Fische
Aalrutte	460-580	1	1	2	3
Aitel	205-590	229	12	235	287
Äsche	270-415	15	1	16	17
Bachforelle	265-400	28	2	30	32
Barbe	210-690	4692	200	4778	5290
Brachse	260-575	35		35	36
Flussbarsch	260-280	2	1	3	3
Giebel	320	1		1	1
Güster	255-320	2		2	3
Hasel	255	1		1	10
Hecht	515-690	3		3	3
Huchen	560-1180	4		4	8
Karpfen	510-680	3		3	4
Laube					21
Nase	350-580	624	6	630	844
Nerfling	450	1		1	1
Regenbogenforelle	260-520	27		27	28
Rotauge	240-295	3		3	3
Rotfeder	215	1		1	1
Rußnase	345	1		1	1
Schied	425-530	2		2	2
Schleie	360	1		1	1
Schneider				7	7
Schrätzer	200-220	2	1	3	3
Schuppenkarpfen	460	1		1	1
Weissflossengr.				1	1
Zingel	200-330	87	3	90	103
<b>Summe</b>	<b>90-1180</b>	<b>5765</b>	<b>227</b>	<b>5873</b>	<b>7277</b>

Tab. 4: Hochgerechnete Anzahl der in die Pielach einwandernden Individuen sowie Prozentsätze der davon mittels Reuse bzw. E-Befischung nachgewiesenen Stückzahlen

Fischart	hochgerechnete Individuenzahl der in die Pielach einwandernden Fische	Anteil der mittels Fischwehr gefangenen Individuen an der hochgerechneten Individuenzahl	Anteil der mittels Fischwehr und E-Befischungen gefangenen Individuen an der hochgerechneten Individuenzahl
Aitel	<b>453</b>	52%	63%
Barbe	<b>11236</b>	42%	46%
Nase	<b>3042</b>	21%	28%

## 6.2 Wartung und Betrieb

Der Betrieb der Fischwehre verläuft, bis auf die Zeit während der Hochwässer, weitgehend ohne Probleme. Beim Fischwehr in der Diemlingschlucht kommt es aufgrund des Aufkommens einer starken Algendrift zu Verkläusungen, wodurch die Paneele untergetaucht werden. Speziell bei hohen Temperaturen sind die Algenmengen nicht mehr zu bewältigen. Als zusätzlicher Nachteil erweist sich der relativ seichte Standort und die eng gewählte Stabweite. Generell eignen sich Wehrpaneele mit lichter Stabweite von 10 mm und einer Stabdicke von 20 mm (Bautyp "Melk") nur für geringe Strömungsgeschwindigkeiten und größere Wassertiefen.

## 6.3 Beeinflussung der Wanderaktivität

Es kann beobachtet werden, dass ein Teil der Fische Laichplätze direkt flussab des Fischwehrs benutzen, und nicht in die Reuse einwandern. Die Anzahl der flussab der Absperrung befindlichen Fische wird visuell bestimmt. Vor allem die Abwärtswanderung wird jedoch bei seichten Reusenstandorten zum Teil behindert. Speziell die Nase zeigt bei der Abwärtswanderung sehr vorsichtiges Verhalten. Die in Abb. 9 beschriebene Strömungsbeschleunigung beim Reuseneingang erzeugt eine Scheuchwirkung, die v.a. Nasen vom Einwandern in die Abwärtsreuse abhält. Ein weiterer Aspekt, der das Hineinschwimmen in die Reuse für Nasen unattraktiv machen dürfte, ist die räumliche Einengung beim Reuseneingang. Dies scheint aber einen vergleichsweise geringen Effekt zu haben, da Nasen bei der Aufwärtswanderung ohne Probleme in die Reuse einwandern.

#### **6.4 Methodische Tauglichkeit**

Der große Vorteil gegenüber anderen Methoden zur Migrationsuntersuchung ist die Möglichkeit Fischwanderungen in ihrem vollen Umfang und ihrer natürlichen zeitlichen Verteilung zu erfassen. Bisher war dies nur in Fischwanderhilfen möglich, die den Reuseneinrichtungen ausreichend Schutz vor den Gewalten des Flusses bieten. Trotz Resistenz gegen Hochwässer ist das dynamische Fischwehr in seiner Dichtheit für Fische durch hohe Wasserführungen eingeschränkt, weshalb eine vollständige Erhebung der Fischwanderung in Form absoluter Fangzahlen nie mit Sicherheit vorhergesagt werden kann. Durch Markieren der aufwärtswandernden Fische kann diesem Umstand Rechnung getragen werden. Bei der Rückwanderung kann aus dem Verhältnis markierter und nicht markierter Fische die Gesamtgröße der wandernden Populationen errechnet werden. Durch die Innovation "dynamisches Fischwehr" wurde die Bearbeitung der Fragestellungen an Pielach und Melk erst möglich. Die Entwicklung dieses Absperrsystems stellt somit einen wesentlichen Schritt in der Entwicklung hochwassersicherer, leicht zu reinigender, flexibler und transportabler Reusensysteme für den Fischfang dar. Der Einsatz eines solchen Fischwehrs zur Erhebung der Fischmigration ist an verschiedenen Stellen von Gewässersystemen denkbar:

Fischwanderhilfen, Mündungen von Zubringern in Flüsse und Seen, Seeausrinne, Mündungen von Flüssen ins Meer, Einmündungen von Nebenarmen, Verbindungen mit Augewässern etc. .

Weitere Informationen zum Life-Huchen Projekt und zu den Ergebnissen des Monitorings sind unter: [www.life-huchen.at](http://www.life-huchen.at) abrufbar.

#### **7. Kosten**

Auf kostspielige Komponenten wurde verzichtet und hauptsächlich Materialien aus dem täglichen Baustoffbedarf verwendet. Die Materialkosten für das Fischwehr an der Pielachmündung (27 m lang, zwei 5 m lange Reusenkästen) belaufen sich auf ca. 3500 Euro. Unter fachkundiger Anleitung ist die Herstellung mit 3 Personen in 5 Tagen (120 Arbeitsstunden), der Einbau mit 4 Personen in 3 Tagen (96 Arbeitsstunden), der Ausbau mit 4 Personen in 40 Arbeitsstunden (1 Tag) zu bewältigen.

## **8. Zusammenfassung**

Eine wesentliche Zielsetzung im Rahmen des LIFE Natur Projektes „Lebensraum Huchen“ ist die Gesamterfassung der Fischmigrationen an mehreren Standorten im Projektgebiet, vor allem aber im Mündungsbereich der Pielach in die Donau. In Anlehnung an das „resistance board weir“, wie es in Nordamerika zur Erfassung der Lachswanderung eingesetzt wird, wird dafür ein dynamisches, hochwassersicheres Fischwehr entwickelt. Es besteht im Wesentlichen aus rechteckigen, zaunartigen Paneelen, die aus PVC Rohren gefertigt werden. Das flussaufgelegene Ende wird an der Flusssohle befestigt, das flussabgelegene Ende durch Auftriebskörper über Wasser gehalten. Die gesamte Anlage, sowohl Paneele und Reusenkästen, sind in Modulbauweise gefertigt, wodurch eine hohe Flexibilität der Gesamtanlage erreicht wird. Der herausragende Vorteil des dynamischen Fischwehrs ist die Hochwassersicherheit. Bei erhöhter Wasserführung oder Verkläuserung durch Schwemmgut legt sich das Wehr um, sodass Wasser und Treibgut ungehindert passieren können. Dadurch wird eine Beschädigung der Anlage vermieden. Die Wartung ist aufgrund weitgehender Selbstreinigung der Paneele gegenüber herkömmlichen Absperrungen mit Maschendrahtzaun deutlich verringert. Aufgrund der verwendeten dauerhaften Materialien und der flexiblen Konstruktionsweise ergibt sich gegenüber herkömmlichen Systemen eine vergleichsweise hohe Lebensdauer. Infolge Verwendung von Materialien aus dem täglichen Baustoffbedarf, geringem Wartungsaufwand sowie Hochwassersicherheit können die Kosten insgesamt niedrig gehalten werden.

## **Danksagung**

Besonderer Dank gebührt allen Kollegen und Kolleginnen der Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, die durch ihren Einsatz trotz einiger Rückschläge Entwicklung und Bau des Absperrsystems erst ermöglichten, insbesondere Daniel Tscharnuter und Dietmar Pichler für Beschaffung und Auswertung der Daten des Untersuchungsjahres 2002. Bedankt seien auch Herr Ing. Christian Dorninger und Herr Mag. Robert Winkler für ihre Bemühungen bei der technischen Umsetzung unserer Ideen, sowie Herr Prof. Willibald Loiskandl für die fachliche Beratung bei den hydraulischen Berechnungen.

## LITERATUR

- Bollrich, G., 1996. Technische Hydromechanik 1. Berlin, Verlag für Bauwesen, 4. Auflage, S. 306f.
- Mühlbauer, M., 2002. Fischökologisches Monitoring an den Voralpenflüssen Pielach und Melk im Rahmen eines EU-Life-Projektes. Diplomarbeit, Wien, Abt. Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, Universität für Bodenkultur
- Tobin, J. H., 1994. Construction and performance of a portable resistance board weir for counting migrating adult salmon in rivers. Kenai, Alaska, U. S. Fish and Wildlife Service, Kenai Fishery Resource Office, Alaska Fisheries Technical Report Number 22.
- Zauner, G., 2002. Überprüfung des Kormoraneinflusses auf die fischereilichen und fischökologischen Verhältnisse der Donau in der Wachau. Wien, Studie im Auftrag des NÖ Landesfischereirates, Univ. f. Bodenkultur, HFA.

Martin Mühlbauer

Adalbert Stifter Gasse 250

A-3034 Maria Anzbach

e-mail: h9326807@edv1.boku.ac.at