

## Zusammenfassung

Reinankeneier werden normalerweise in Zugerläsern erbrütet. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Eier bestimmter Reinankenpopulationen bewegungs- und stoßempfindlich sind. Erbrütung dieser Eier in Zugerläsern führt gegenüber der Erbrütung in Brutrahmen zu hohen Verlusten.

## LITERATUR

- Flüchter, J., 1980. Review of the present knowledge of rearing whitefish (*Coregonidae*) larvae. *Aquaculture* 19: 191-208.
- Jensen, J. O. T. und D. F. Alderice, 1989. Comparison of mechanical shock sensitivity of eggs of five pacific salmon (*Oncorhynchus*) species and steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 78: 163-181.
- Kottelat, M., 1997. European fresh water fisheries. *Biologia*. suppl. 52, 1-271.
- Ritterbusch Nauwerck, B. und F. Lahnsteiner, 2005. Effects of stocking on morphological and meristic characteristics of native coregonid populations in 4 Austrian lakes. *Z. Fischkunde*, in Druck.
- Tinzl, M. (1992). Künstliche Erbrütung und Embryologie von Renken (*Coregonus* sp., Coregoninae, Salmonidae, Pisces) aus dem Traunsee (Oberösterreich). Diplomarbeit, University of Salzburg.
- Wedekind, C. und R. Müller, 2004. Parental characteristics versus egg survival: towards an improved genetic management in supportive breeding of lake whitefish. *Ann. Zool. Fennici* 41, 105-115.

**Kontaktadresse des Erstautors:** Univ.-Doz. Dr. Franz Lahnsteiner, Institut für Zoologie, Hellbrunner Straße 34, 5020 Salzburg. Telefon: 0662/8044-5630, Fax: 0662/8044-56 98. E-Mail: [Franz.Lahnsteiner@sbg.ac.at](mailto:Franz.Lahnsteiner@sbg.ac.at)

# Vertical-Slot-Fischpass mit staffelbarem Abfluss: Eine Möglichkeit zur Optimierung von technischen Fischaufstiegshilfen

GERALD ZAUNER<sup>1</sup>, CLEMENS RATSCHAN<sup>1</sup>, JÜRGEN EBERSTALLER<sup>2</sup>, PETER PINKA<sup>2</sup>

*Eberstaller Zauner Büros, Technische Büros für Angewandte Gewässerökologie,  
Fischereiwirtschaft, Wasserwirtschaft und Kulturtechnik*

<sup>1</sup> *ezb, TB Zauner, Marktstraße 53, 4090 Engelhartszell*

<sup>2</sup> *ezb, TB Eberstaller, Währinger Straße 156/6, 1180 Wien*

## Abstract

### **Vertical slot fishway with adjustable discharge: A new solution for the optimization of technical fish passes.**

Vertical slot fish ways are especially suitable for situations where Space is limited. On the Mur River in Styria, Austria, a new technology is introduced which allows a flexible regulation of discharge for this technical fishway. On the one hand the efficiency for the dominating fish species can be improved during the spawning season. On the other hand the use of energy is optimized without deteriorating the hydraulic conditions and hence the efficiency of the fish-way. An innovative concept is presented, which regulates flow by adding or removing additional slots.

## Einleitung

Alle heimischen Fischarten führen während ihrer unterschiedlichen Entwicklungsphasen mehr oder minder ausgeprägte Wanderungen aus, wobei sie durch das Aufsuchen optimaler Lebensräume in Bezug auf Reproduktion, Wachstum oder Ernährung profitieren. Weitere Funktionen

von Fischwanderungen sind die Kompensation von Bestandseinbußen durch Extremereignisse oder genetischer Austausch zwischen Populationen. Dementsprechend kann bei der Errichtung bzw. bei langfristigem Bestehen von Wanderungsbarrieren ein Rückgang von Fischbeständen bis hin zum Verschwinden von Arten aus ganzen Gewässersystemen auftreten. Der freien Durchwanderbarkeit von Fließgewässern kommt daher zur nachhaltigen Entwicklung intakter Fischpopulationen hohe Bedeutung zu (Northcote, 1978 und 1998, Cowx & Welcomme, 1998).

Nicht zuletzt auch in der Wasserrechtsgesetz-Novelle 2003 bzw. der EU-Wasserrahmenrichtlinie wird der Bedeutung der freien Durchwanderbarkeit Rechnung getragen. Der Erreichung des Gütezieles »gutes ökologisches Potential« für erheblich veränderte Wasserkörper kommt jedenfalls der Annäherung an die Durchgängigkeit, insbesondere der Sicherstellung der Wanderungsbewegungen sowie des Vorhandenseins von Laich- und Aufzuchtgründen, hohe Bedeutung zu.

Derzeit kommen verschiedenste Bautypen zum Einsatz, wobei das Spektrum von naturnahen Umgehungsgerinnen oder Tümpelpässen bis hin zu technischen Bauwerken wie Vertical-Slot-Pass (Schlitzpass), Borstenfischpass oder Denil-Pass reicht. Entscheidende Parameter für die Wahl eines Bautyps sind gewässerspezifische Fischfauna, Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasser, Dotationswassermenge und nicht zuletzt Platzangebot und Besitzverhältnisse vor Ort.

Bei räumlich beengten Situationen bietet sich insbesondere der Schlitzpass an; er ist deshalb gerade bei der Nachrüstung von bestehenden Bauwerken häufig der zielführende Bautyp. Er weist gegenüber andern Bautypen einige deutliche Vorteile für die aquatischen Organismen auf, die im Wesentlichen auf das Fehlen von Überfällen und das Vorliegen eines durchgehenden Sohlsubstrates zurückzuführen sind (Unfer & Zitek, 2000).

Im Spannungsfeld von wirtschaftlichen und ökologischen Interessen gilt es, einen optimalen Kompromiss bei der Festlegung von Dotationswassermengen für FAHs zu finden. Dabei sind auf der ökologischen Seite besonders die Parameter Lockströmung, Wasservolumen und Fließgeschwindigkeitsverhältnisse in der FAH sowie die Anforderungen der Fischfauna zu berücksichtigen.

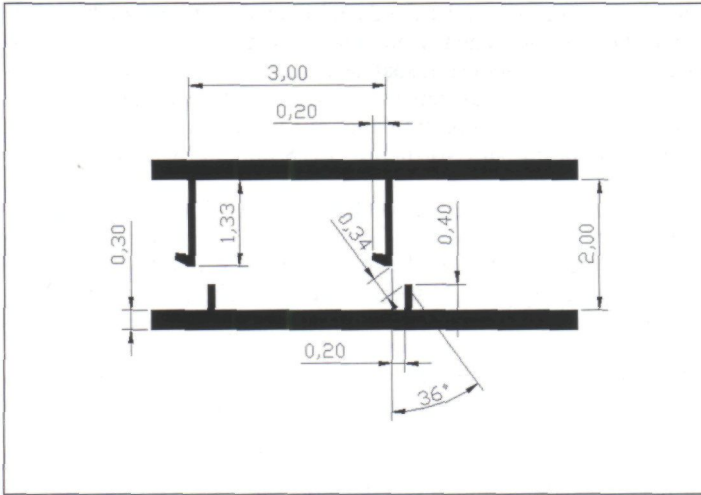
Die Hauptmigrationszeiten der verschiedenen Fischarten und ihrer Lebensstadien, die physiologischen Leistungen der Fische, die Wasserführung im Fließgewässer sowie in Abhängigkeit davon die Auffindbarkeit von Einstiegen in FAHs können sich im Jahresverlauf deutlich unterscheiden. Andererseits unterliegt auch der Energiebedarf bzw. das energiewirtschaftliche Potential saisonalen Schwankungen. Aus diesen Gründen ist eine Staffelung der Dotationswassermenge bei naturnahen Umgehungsgerinnen üblich bzw. Stand der Technik.

Ein Vorteil von Vertical-Slot-Anlagen liegt darin, dass die Funktionalität auch bei Wasserspiegelschwankungen im Einlaufbereich, die für die meisten Staubereiche charakteristisch sind, aufrecht erhalten werden kann. Grundsätzlich wird aber eine derartige Fischaufstiegsanlage nur auf eine Dotation dimensioniert.

An der 2004 errichteten FAH am KW Murau wurde erstmals ein Vertical-Slot-Pass errichtet, der auf drei verschiedene Dotationswassermengen eingestellt werden kann. Dadurch können die Vorteile einer gestaffelten Abflussdotation - sowohl für die Ökologie als die energiewirtschaftliche Nutzung - auch bei räumlich beengten Verhältnissen, die den Einbau eines technischen Schlitzpasses erfordern, umgesetzt werden. Die Anlage ist dabei so dimensioniert, dass der Fischaufstieg bei allen drei Dotationswassermengen gewährleistet ist. Insbesondere während der Hauptmigrationszeit(en) können allerdings durch eine höhere Dotation deutlich verbesserte Aufstiegsbedingungen für die Hauptfischarten geschaffen werden.

### **Die Pilotanlage beim Kraftwerk Murau**

Die Fischaufstiegshilfe am Kraftwerk Murau wurde auf Grund beengter räumlicher Verhältnisse in einer kombinierten Bauweise realisiert. Im unteren Bereich mit größerer Flächenverfügbarkeit wurde ein naturnaher Tümpelpass errichtet. Der obere Teil der FAH wurde aus Platzgründen als Vertical-Slot-Pass ausgeführt.



**Abb. 1:** Dimensionierung des Schlitzpasses an der Fischaufstiegshilfe Murau

Die Höhendifferenz von 9,30 m wird auf einer Gesamtlänge von 230 m (inkl. Einlauf und Vorbecken) durch 23 Becken im Schlitzpass sowie 24 Becken im naturnahen Tümpelpass abgebaut. Die Wasserspiegeldifferenz pro Becken liegt in beiden Teilen der FAH bei 0,20 m (zur Dimensionierung im Grundriss siehe Abbildung 1). Die Abmessungen der Becken im Tümpelpass betragen rund 2 mal 5 m bei einer maximalen Wassertiefe von 1,3 m. Im Vertical-Slot-Pass beträgt die Beckenlänge 3 m und die Breite 2 m. Die maximale Wassertiefe variiert entsprechend der Dotation zwischen 0,45 und 0,95 m, die minimale Wassertiefe zwischen 0,25 und 0,75 m.

Im Zuge einer ökologischen Baubegleitung wurde sichergestellt, dass insbesondere im Bereich des Tümpelpasses eine entsprechende naturnahe, heterogene Ausformung der einzelnen Überfälle sowie der Becken (mit Totholzstrukturen) die Funktionalität der Anlage nicht nur als



**Abb. 2:** Blick auf den naturnahen Tümpelpass. Im Hintergrund das KW Murau

Fischaufstiegshilfe, sondern auch als Ersatzlebensraum (entsprechend dem natürlichen Vorbild eines Nebenarmes oder kleinen Zubringers) gewährleistet.

Die Sohle der Becken wurde mit aus der Mur stammendem Material gestaltet. Aber auch im Bereich des Schlitzpasses wurde die Sohle entsprechend den Ansprüchen von benthischen Fischarten (Koppe, Neunaugen) sowie Invertebraten derart hergestellt, dass die Durchwanderung auch für diese Tiergruppen ermöglicht werden kann. Steine mit einer mittleren Korngröße von etwa 15-25 cm in der Sohle erhöhen zudem auch die Rauigkeit, sodass die Energieumwandlung (Dissipation), die in Vertical-Slot-Pässen oft eine kritische Größe darstellt, in den Becken entsprechend verbessert werden konnte.

### Die Fischfauna im Unterwasser

Die Mur im Bereich Murau/Stmk. war ursprünglich als ein typisches Gewässer des Epirithrals (Äschenregion) mit der Hauptfischart Äsche anzusprechen (Woschitz, 1993). Heute wird der Bestand durch die ursprünglich nicht heimische Regenbogenforelle dominiert, welche eine selbst reproduzierende Population bildet. Die Arten Bachforelle, Koppe und Ukrainisches Bachneunauge sind aktuell als Nebenfischarten zu bezeichnen. Auch einzelne Individuen von Arten mit potamalerm Verbreitungsschwerpunkt, wie Bachschmerle und Aitel, sind nachzuweisen. Der Huchen nähert sich bei Murau dem oberen Ende seiner Verbreitung an, dementsprechend ist der Bestand hier gering.

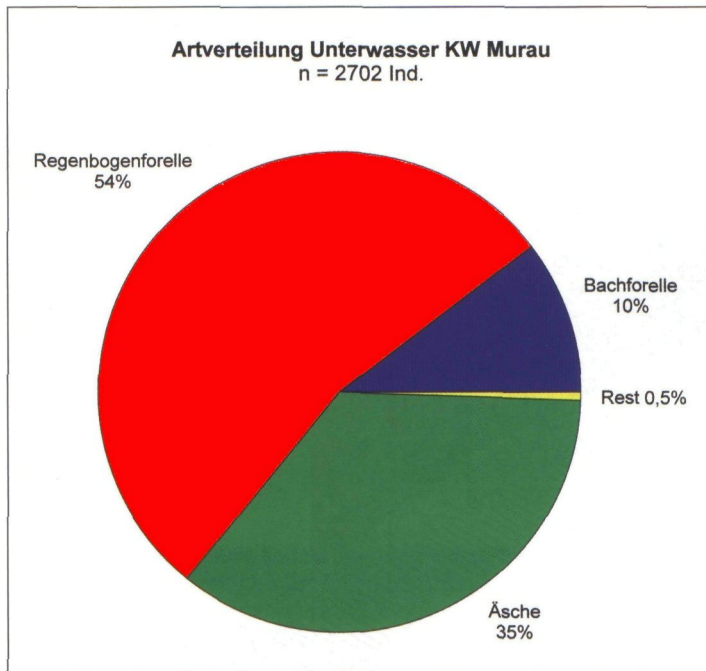


Abb. 3: Fischartenverteilung im Unterwasser des KW Murau. Unveröffentlichte Daten des Monitorings durch das Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (Boku Wien)

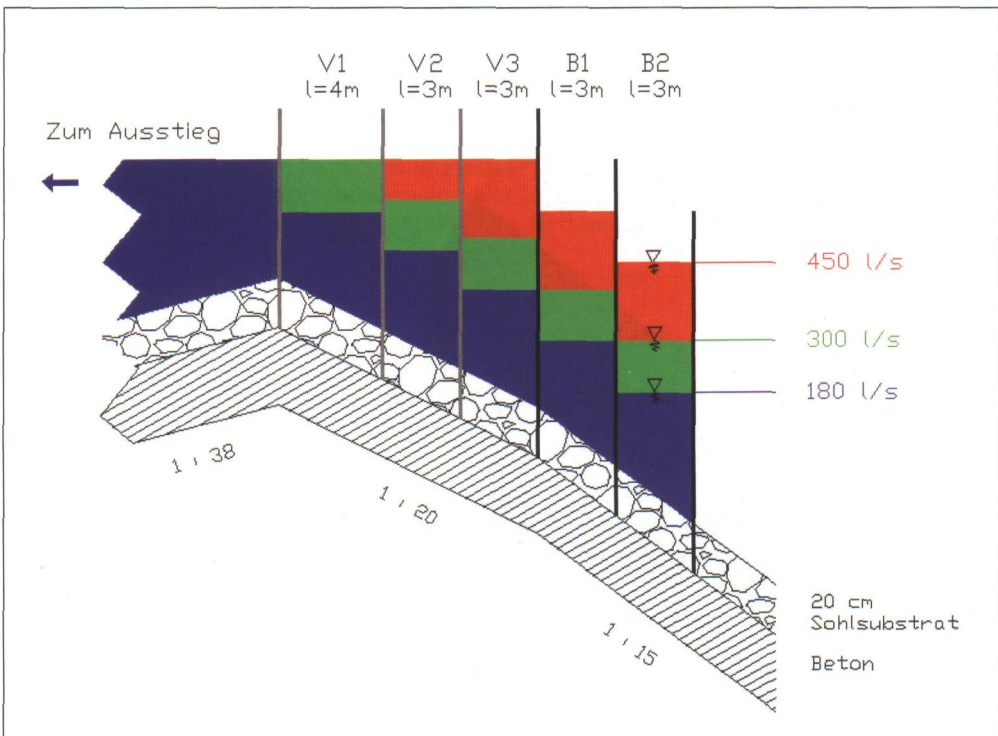
### Das Prinzip der Dotationsstaffelung

Die Dotationswassermenge sowie die zeitliche Staffelung wurden auf das genannte Artenpotential und die Hauptmigrationszeiten des aufstiegswilligen Potentials abgestimmt. Das sind einerseits die Frühjahrsläucher (Äsche, Huchen, Regenbogenforelle) und andererseits die Herbstläucher (Bachforelle). Dementsprechend ist die volle Dotation von 450 l/s im April vorgesehen, im November und Dezember werden 300 l/s abgegeben (siehe Tabelle 1). Während des Sommers fließen ebenfalls 300 l/s durch die FAH, im September/Oktober sowie von Dezember bis März wird die minimale Wassermenge von 180 l/s abgegeben.

Tabelle 1:  
**Zeitliche Dotationsstaffelung  
 der FAH Murau**

Zeitraum	Dotation
Dezember - März	180 l/s
April	450 l/s
Mai-August	300 l/s
September- Oktober	180 l/s
November- Dezember	300 l/s

Die Planungsvorgabe jedes Schlitzpasses mit Dotationsstaffelung muss sein, bei allen Abflussverhältnissen für den Fischaufstieg geeignete hydraulische Bedingungen zu schaffen. Laut DVWK (1996) sind dafür die Parameter maximale Strömungsgeschwindigkeit im Schlitz ( $v_{max}$ ), Energiedissipation ( $E_{vorf}$ ) sowie kritische Wassertiefe für strömenden Abfluss maßgeblich. Würde die Dotationswassermenge durch das sukzessive Schließen eines Schubers bis zum gewünschten Abfluss gedrosselt, so wäre die Passierbarkeit aus zweierlei Gründen erschwert bzw. gänzlich unterbunden: Einerseits würden durch Erhöhung der Wasserspiegeldifferenzen im Bereich des Schubers (bei 180 l/s statt 450 l/s um 0,50 m) Strömungsgeschwindigkeiten von über 2 m/s auftreten, die eine Passierbarkeit vor allem für schwimmschwache Arten sowie Juvenilstadien unterbinden würde. Andererseits wäre auf Grund der Querschnittseinstellung ein Passieren von Individuen mit größerem Körperquerschnitt (Groß- und Adultfische) rein mechanisch unmöglich.



**Abb. 4:** Schema der 3 Vorbecken (V1-V3) mit Wasserständen bei Dotationswassermengen von 450, 300 und 180 l/s; grau = optionale Schlitz; schwarz = fixe Schlitz

Daher wurde von den Autoren folgendes Konzept entwickelt: Der Vertical-Slot-Pass wird auf die maximale Dotation dimensioniert. Durch das optionale Einfügen von Schlitz im Ein-

laufbereich, welche sogenannte »Vorbecken« (VI bis V3 in Abbildung 5) bilden, kann die Wasserspiegelhöhe am ersten fixen Schlitz (B1) soweit reduziert werden, dass eine definierte reduzierte Wassermenge in die gesamten FAH fließt (Abbildung 5). Der Abbau der Wasserspiegeldifferenz zwischen Stau und erstem fixen Schlitz erfolgt entsprechend der gewünschten Dotation über mehrere zusätzliche Schlitzte. Somit entsteht auch bei gedrosseltem Abfluss keine erhöhte Wasserspiegeldifferenz, die unausweichlich Probleme für die Passierbarkeit der Organismen zur Folge hätte.

Die beiden Variablen Beckenlänge und Sohlgefälle wurden im Bereich der Vorbecken so gewählt, dass bei gleicher Schlitzbreite wie im eigentlichen Fischpass die definierten Wassermengen erreicht werden. Bei einem Vorversuch in der Anlage wurde deutlich, dass die Berechnungen gute Übereinstimmung mit den Messwerten aufwiesen. Allerdings zeigte sich, dass in der Formel nach Rajaratnam et al. (1986, in DVWK, 1996) der Einfluss der Rauigkeit des gewählten groben Sohlsubstrates nicht ausreichend berücksichtigt wurde. Aus diesem Grund lagen die Messwerte durchwegs etwas unter den angepeilten Abflüssen. Durch Vergrößerung der Schlitzbreite der optionalen Schlitzte auf 0,35 m (Schlitz VI) bzw. 0,39 m (Schlitz V2/V3), konnten die vorgegebenen Wassermengen jedoch präzise eingestellt werden.

Bei den realisierten Dimensionen ergeben sich für alle Durchflüsse sowohl in den Vorbecken als in den eigentlichen Becken Werte, die unter den kritischen Schwellenwerten liegen ( $v_{\max} < 2 \text{ m/s}$  und  $E_{\text{vorh}} < 200 \text{ W m}^{-3}$ , siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: **Hydraulische Eckwerte für die Vorbecken bzw. die eigentlichen Becken des Vertical Slots am KW Murau bei den 3 Dotationen.** Berechnungen nach DVWK, 1996

	Dotation	$h_{\min}$	$h_{\max}$	dh	$v_{\max}$	Energie-dissipation	Berechneter Abfluss
	$\text{l s}^{-1}$	m	m	m	$\text{m s}^{-1}$	$\text{W m}^{-3}$	$\text{l s}^{-1}$
Vorbecken 1	180	0,25	0,45	0,20	1,98	182	188
Vorbecken 2	180	0,30	0,45	0,15	1,72	140	207
Vorbecken 3	180	0,30	0,45	0,15	1,72	140	207
Vorbecken 2	300	0,50	0,65	0,15	1,72	142	321
Vorbecken 3	300	0,50	0,65	0,15	1,72	142	321
Becken 1-24	180	0,25	0,45	0,20	1,98	192	183
	300	0,45	0,65	0,20	1,98	185	300
	450	0,75	0,95	0,20	1,98	177	482

Die optionalen Trennwände sind aus Edelstahl gefertigt und in Metallschienen gleitend im Schlitzpass montiert. Durch Heben bzw. Senken durch fix montierte Seilwinden kann die Einstellung der Dotationswassermenge mit geringem Zeit- und Kraftaufwand durch eine Person erledigt werden. Ein weiterer Vorteil dieses Systems ist die gute Nachvollziehbarkeit der Einstellung durch Dritte bzw. Behörden: Bei der Einstellung 180 l/s sind alle zusätzlichen Trennwände abgesenkt, bei der Einstellung 300 l/s nur die beiden unteren, bei der vollen Dotation sind alle optionalen Schlitzte deaktiviert.

### Zur Funktionsfähigkeit von Vertical-Slot-Fischaufstiegshilfen

Evaluierungen von Vertical-Slot-Pässen an Rhithalgewässern zeigen die hohe Funktionalität derartiger Anlagen. Beispielsweise wurde am KW Steinbach/Steyr im Rahmen eines Monitorings der Aufstieg von 161 adulten Bachforellen im Oktober/November 2004 dokumentiert. Dies entspricht 22% des Bestandes an adulten Forellen im Unterwasser, das auf einer Länge von 700 m bis zum nächsten, unpassierbaren KW reicht (Zauner & Ratschan, 2004a).





**Abb. 5:** Optionale Schlitz in den drei Vorbecken. Die Umlenkböcke sind fix geschalt und haben praktisch keinen Einfluss auf das Fließverhalten bei hochgefahrenen Trennwänden

Auch die ersten Monitoring-Ergebnisse des Vertical-Slot-Passes am KW Murau, welche im Herbst 2004 begonnen haben, lassen trotz des insgesamt geringen Bachforellenbestandes im Unterwasser eine gute Durchwanderbarkeit für diese Art erkennen (Unfer, mündl. Mittlg.) Aktuelle Reusenfänge, welche im Internet unter [www.murerleben.at](http://www.murerleben.at) abrufbar sind, weisen überdies große Zahlen von aufgestiegenen Äschen auf. So konnte eine erfolgreiche Passage von täglich bis zu 243 Äschen, im Zeitraum von 2 Monaten insgesamt mehr als 2700 Individuen, dokumentiert werden.

Erfahrungen über die Funktionstüchtigkeit von Vertical-Slot-Pässen fehlen bislang an österreichischen Gewässern mit potamaler Fischfauna. Die Ergebnisse an der großen FAH am Rheinkraftwerk Iffezheim (Steiner, 2001) zeigen jedoch, dass dieser Typ grundsätzlich auch von Fischarten des Potamals, wie Barbe und Nase, gut angenommen wird.

Somit steht auch bei beengten Platzverhältnissen ein für Ökologie und Ökonomie optimierbarer Bautyp für voll funktionsfähige Fischaufstiegshilfen zur Verfügung.

### **Zusammenfassung**

Der Vertical-Slot-Pass stellt einen FAH-Typ insbesondere für beengte Raumverhältnisse dar. Durch die am Beispiel der Pilotanlage am KW Murau vorgestellte flexible Dotationstaffelung kann in den Hauptmigrationszeiten eine Verbesserung der Aufstiegsbedingungen für die Leitarten gewährleistet werden. Ohne eine Verschlechterung der hydraulischen Verhältnisse und

damit der Passierbarkeit in Kauf nehmen zu müssen, wird gleichzeitig die Nutzung der Energie optimiert. Dazu wird ein innovatives technisches Konzept umgesetzt, das mit zusätzlich einfügbaren Schlitzten arbeitet.

Der innovative Charakter dieses Projektes wurde durch eine Preisverleihung gewürdigt: Die Stadtwerke Murau als Auftraggeber erhielten anlässlich des Weltfeuchtgebietstags 2004 für die Realisierung des »Fischaufstiegs Kraftwerk Murau« den von Naturschutzbund und Verbund ausgeschriebenen »Wasserleben«-Hauptpreis in der Kategorie »Lebensraum-/Gewässervernetzung«.

#### QUELLEN

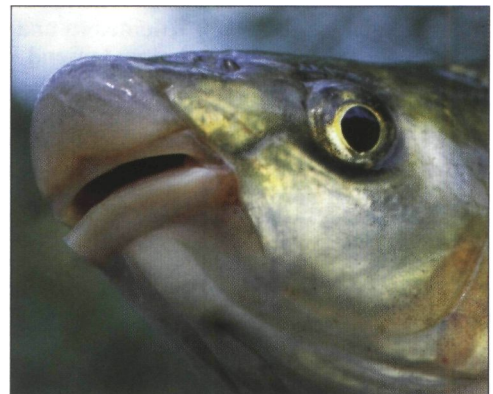
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, FA 19B / 13C (Projekträger, 2004): EU LIFE - Natur Projekt »Inneralpines Flussraum-Management Obere Mur«. <http://www.murerleben.at/>
- Cowx, I. G. & Welcomme, R. L. (1998): Rehabilitation of rivers for fish, FAO, Fishing New Books, Blackwell Science Ltd., London
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V., 1996): Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232, Bonn, 110 pp
- Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (Boku Wien), 2005: Monitoring der FAH am KW Murau. Im Rahmen des EU Life Nature Projektes »Innernalpines Flussraummanagement Obere Mur. Unveröffentlichte Daten
- Northcote, T. G. (1978): Migratory strategies and production in freshwater fishes. In: E. D Gerking (Ed.): Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific Publications: 326–359
- Northcote, T. G. (1998): Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. In: Weiss, S. (Ed.): Fish Migration and Fish Bypasses. Fishing New Books, Oxford: 3-18
- Rajaratnam, N., Van der Vinne, G. & Katapodis, C. (1986): Hydraulics of Vertical-Slot-Fishways. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 112. p. 909-927
- Steiner, H. A. (2001): Der Fischaufstieg beim Rheinkraftwerk Iffezheim -Anforderungen, Realisierung und erste Ergebnisse. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Nr. 53/ 7-8
- Unfer, G. & Zitek, A. (2000): Der Vertical-Slot-Fischauß. Eine Fischwanderhilfe für räumlich beengte Verhältnisse. Österreichs Fischerei 53 (11/12): 332-339
- Woschitz, G. (1993): Die autochthone Fischfauna der Steiermark. Unveröff. Manuskript
- Zauner, G. & Ratschan, C., 2004a: Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegshilfe am KW Steinbach an der Steyr. Im Auftrag der Energie AG
- Zauner, G. & Ratschan, C., 2004b: Fischaufstiegshilfe am Kraftwerk Murau. Planung und ökologische Baubegleitung einer FAH in kombinierter Bauweise mit staffelbarer Abflussdotaton. Im Auftrag der Stadtwerke Murau

## Fischereiwirtschaft und Fischereibiologie

Wolfgang Hauer, BAW-IGF Scharfling

### Hochzeit mit der Nase ...

Sie gehören zur großen Familie der Karpfenartigen, und sind doch eine Besonderheit. Sie ernähren sich fast ausschließlich von Pflanzen, genau genommen von Aufwuchsalgen, die sie mit ihrem eigenartigen Maul von den Steinen schaben. Ober- und Unterkiefer sind zu scharfen Kanten umgebildet, die es ermöglichen, Algen von Steinen abzuschaben bzw. einzuklemmen und abzureißen. Beobachtet man einen Nasenschwarm im seichteren Wasser, so kann man deutlich das »Aufblitzen« einzelner Fische erkennen. Es entsteht durch



Gut sichtbar: Die Hornplatten und das Maul