Borstenfischpass als neuartige Fischaufstiegshilfe : Pilotenanlage Kraftwerk Au-Schönenberg

Autor(en): **Hintemann, Markus**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **95 (2003)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939504

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Borstenfischpass als neuartige Fischaufstiegshilfe – Pilotanlage Kraftwerk Au-Schönenberg

Markus Hintermann

Zusammenfassung

An der Universität Kassel ist eine neue Aufstiegsmöglichkeit für Fische und Benthosorganismen in Form eines Borstenfischpasses entwickelt worden. Die im Verbindungsgerinne zwischen Ober- und Unterwasser notwendigen Rauigkeiten werden aus einer Vielzahl vergleichsweise kleiner elastischer Störkörper, den Borsten hergestellt. Die Borsten werden zu Bündeln und Elementen zusammengefasst und über die Grundfläche verstreut angeordnet. Die Strömungsverhältnisse sind deutlich günstiger als in einer Reihe herkömmlicher Fischaufstiegsanlagen. Die wie grosse Besen in die Strömung ragenden Borstenelemente bewirken eine effektive Energieumwandlung auf engem Raum bei geringen Turbulenzen und bieten Fischen ausreichende Deckung und Ruheräume. Fische aller Arten und Grössen nehmen den Fischpass an; eine Selektivität ist nicht erkennbar. Die Funktionalität wurde am Kraftwerk Au-Schönenberg an der Thur nachgewiesen.

Einleitung

Unsere Fliessgewässer sind durch Stauanlagen und Sohlschwellen in höhenmässig differierende Abschnitte unterteilt. Zwischen diesen Abschnitten ist der Wechsel für Wassertiere erheblich erschwert. Unsere gesetzlichen Grundlagen verlangen, dass diese nachteilige Zergliederung aquatischer Lebensräume beseitigt wird. Dazu gehört die Schaffung von Möglichkeiten, dass die Wanderung von Fischen und Benthosorganismen zwischen den Gewässerabschnitten sichergestellt ist.

Im Zuge von Sanierungsmassnahmen werden deshalb laufend Fischauf- und -abstiegsanlagen neu erstellt, ertüchtigt oder ergänzt. Hierfür steht eine Reihe von Aufstiegstypen zur Auswahl, die jedoch alle mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Nachteile im Hinblick auf Strömungsbedingungen, Neigung zur Verstopfung, Angebot für die Wanderung von Benthosorganismen, Selektivität, Deckung usw. aufweisen.

Eine Fischaufstiegsanlage wird nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn sie günstige hydraulische Bedingungen bietet und an der Stelle angeordnet ist, an der die Fische den Einstieg suchen. Folgende Gestaltungskriterien sind von Bedeutung:

- gerichtetes Strömungsfeld ohne übermässige starke Turbulenz;
- ausreichende Wassertiefe;
- ausreichend grosse und gut verteilte Ruheräume;
- nicht zu grosse Fliessgeschwindigkeiten;
- ausreichend Deckungs- und Fluchtmöglichkeiten innerhalb der Anlage,

Eine Selektivität wird zusätzlich gemindert, wenn der Charakter der Strömung innerhalb der Anlage sich nicht extrem vom Charakter eines Fliessgewässers unterscheidet. Die äusseren Bedingungen für Anordnung und Lage lassen sich wie folgt definieren:

- Ausmündung der Fischaufstiegsanlage unmittelbar neben dem unpassierbaren Hauptstrom;
- ausgeprägte Leitströmung im Unterwasser, die in einem spitzen Winkel in den Hauptstrom ausmündet.

Für den Benthosaufstieg lassen sich folgende Bedingungen festlegen:

- grossflächig benutzbare Sohle mit ausgeprägtem Lückensystem;
- keine Engpässe mit grossen Geschwindigkeiten;
- Lückensystem soll auch bei Eintrag von Feinsedimenten erhalten bleiben;
- geringe Strömungsgeschwindigkeiten;
- kontinuierlicher Sohlübergang im Ausmündungsbereich.

Konzept des Borstenfischpasses

An der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau der Universität Kassel wurde mit den aufgelisteten Kriterien als Richtschnur ein neuartiger Fischpass entwickelt. Die Entwicklung erfolgte auch im Hinblick auf eine mögliche kombinierte Nutzung einer Fischaufstiegsanlage für Wassertiere und für den Kanusport als Bootspassage.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Fischaufstiegsanlagen wird beim borstenbesetzten Fischpass ein Abbau der Strömungsenergie und somit die für den Fischaufstieg notwendige Verlangsamung der Fliessgeschwindigkeit nicht durch grosse Störelemente (Blocksteinrampe) oder Zwischenwände (Beckenpass, Vertical-Slot) erreicht, sondern durch Borstenelemente. Die elasti-

Bild 1. Anordnung der Borstenelemente.

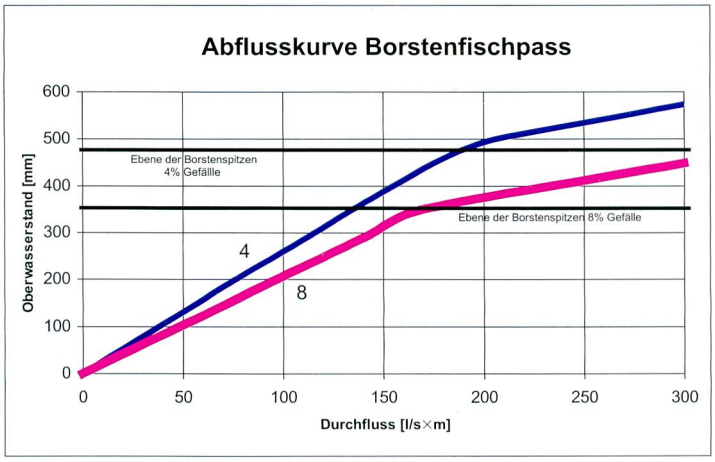


Bild 2. Abflusskurve des Borstenfischpasses (4% und 8% Gefälle).

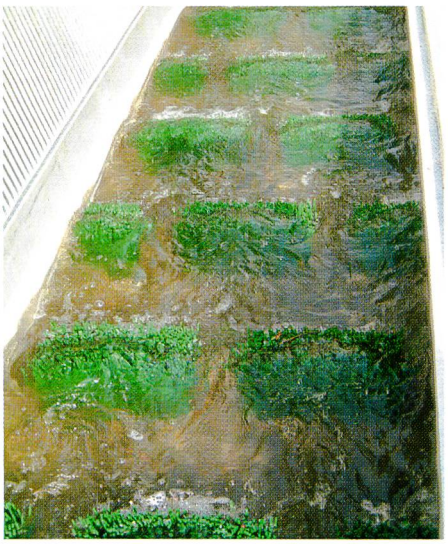


Bild 3. Abflussverhältnis in einem Borstenfischpass mit 8% Längsgefälle/200 l/s.

schen und durchlässigen Borstenelemente ersetzen dabei die bisher verwendeten Stör- und Umlenkelemente. Die Elemente bestehen aus einzelnen Borstenbündeln, die in einer Grundplatte unlösbar verankert sind. Die besenähnlichen Elemente werden auf dem Betonboden der Fischaufstiegshilfe befestigt und dabei so angeordnet, dass es nicht zur Ausbildung eines Schussstrahles kommen kann. Damit für Fische durchgehende Schwimmwege mit Ruhezonen entstehen, werden die Rauheitselemente mit Lücken und ausreichenden Zwischenräumen versetzt. Die Gerinnesohle wird mit grobkörnigem Substrat verfüllt. So kommt es selbst in steileren Gerinnen nicht zu Geschiebetransportvorgängen.

Die Anordnung und Bestückung der Rauheitselemente wird nach den örtlichen Erfordernissen hinsichtlich Strömungsgeschwindigkeit (Längsgefälle), Abflussmenge, Abmessung des Kanals und der zu erwartenden Fische bemessen. Durch die besondere Art der Störelemente (Vielzahl einzelner Borsten über die gesamte Rinnenbreite) wird das Abflussverhalten im borstenbesetzten Fliessquerschnitt allein von den Parametern der Borsten (Form, Länge, anhaftender Schmutz) und vom Gefälle bestimmt. Die Querschnittbreite der Rinne sowie die Wasserhöhe nehmen dabei keinen Einfluss auf die Fliessgeschwindigkeit, sodass bei konstantem Längsgefälle über die gesamte Höhe des borstenbesetzten Querschnitts eine konstante Fliessgeschwindigkeit vorherrscht. Auch bei einer Überströmung der Borsten mit grösseren Fliessgeschwindigkeiten bleiben im borstenbesetzten Querschnitt nahezu gleichbleibende Bedingungen für eine Passierbarkeit der Rinne für Fische gewährleistet.

Die sich in den Lücken zwischen den Borstenelementen einstellenden Fliessgeschwindigkeiten liegen bei rund 1,0 m/s und somit deutlich unter den im DVWK-Merkblatt 232/1996 geforderten 2,0 m/s. Zusätzlich bieten die Bereiche unterstrom eines Borstenelementes mit Fliessgeschwindigkeiten von 0,3 m/s Ruhezonen. Aus diesem Grunde ist eine beliebige Verlängerung des Fischpasses möglich. Eigentliche Ruhebecken – wie bisher bei herkömmlichen Aufstiegsanlagen üblich – entfallen.

Im Rahmen ichthyologischer Funktionskontrollen am Laborpass mit lebenden Fischen wurde bestätigt, dass der Borstenfischpass nicht selektiv wirkt und alle Fischarten die Rinne sehr gut in beiden Richtungen passieren können. Während der Funktionskontrolle wurde nachgewiesen, dass aufgrund der Flexibilität der Borsten keine Verletzungsgefahr für Fische besteht, die während der Passage in Kontakt mit den Borsten kommen.

Eine übermässige Verlegungsgefahr durch eingetragenes Treibgut besteht nicht. Durch einen kammartigen Rechen können die Elemente zudem mit geringem Aufwand von Treibholz und Geschwemmsel befreit werden. Die durch die Wirbelablösung verursachte Borstenvibration führt dazu, dass in den Fliesskörper eingetragene, kleinere organische Feststoffe und Algen mit der Zeit zerrüttet und abgetrieben werden.

Die Art des Fischpasses bringt im Gegensatz zu vielen herkömmlichen Fischaufstiegsanlagen einen geräuscharmen Betrieb mit sich, sodass keine hohen Lärmbelästigungen vom Borstenfischpass ausgehen.

Die vielfältigen Vorteile des Borstenfischpasses (BFP) können im Einzelnen wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Energieumwandlung erfolgt auf einem sehr kurzen Weg bei geringen Turbulenzen. Die Borstenbündel entziehen der Strömung Energie durch den hohen Strömungswiderstand.
- Die Strömungsgeschwindigkeit in den Lücken zwischen den Borstenelementen ist nur abhängig von der Höhendifferenz zwischen den Borstenreihen und liegt unter 1,2 m/s in 8% bis 10% steilen Gerinnen.
- Hinter den Borstenelementen herrschen deutlich beruhigte Strömungsverhältnisse (max. 0,3 m/s), die von den Fischen als Ruhezonen genutzt werden. Dadurch kann bei längeren Aufstiegshilfen auf die Anordnung von Ruhezonen verzichtet und die Aufstiegsanlage kürzer und kostengünstiger erstellt werden.
- Der Wasserbedarf liegt im normalen Rahmen (unter 200 l/sm).
- Die hydraulischen Eigenschaften sind von Form und Linienführung der Gerinne weitgehend unabhängig.
- Der Strömungsangriff auf die Sohle zwischen den Borstenelementen ist wegen der geringen Strömungsgeschwindigkeiten schwach. Auskolkungen können durch grobkörniges Sohlsubstrat vermieden werden. Damit steht praktisch die gesamte Grundfläche für den Benthosaufstieg zur Verfügung.
- Das Lückensystem in den Borsten ist für den Aufenthalt und die Ausbreitung von Makroinvertebraten optimal. Es wurde eine enorme Dichte an Makrozoobenther in den Borstenelementen festgestellt. Dadurch wird den Fischen eine gute Nahrungsquelle geboten.
- Der Borstenfischpass wirkt nicht selektiv; alle Fischarten und Grössen können aufsteigen.
- Die Fische finden Deckung vor Räubern im Wasser und aus der Luft.
- Durch Anpassung von Borstenmaterial, Borstenlänge, Borstenstärke, Besatzdichte und Anordnung der Elemente in der Rinne ist eine gute Anpassung an die jeweiligen Anforderungen möglich. Die Anforderungen bezüglich spezifischer Energieumwandlung sind eingehalten.
- Die Borstenelemente sind leicht auswechselbar.
- Von den Borsten geht keinerlei Verletzungsgefahr für die Fische aus.
- Das maximale Längsgefälle des BFP beträgt 10%.

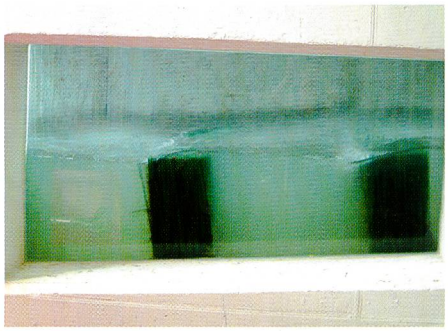
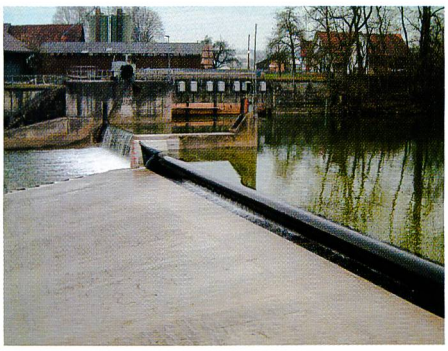


Bild 4. Seitenansicht durch Beobachtungsfenster.

Vergleichende Untersuchungen zwischen Vertical-Slot-Pass (VSP) und Borstenfischpass (BFP) zur Funktionalität der Fischwanderhilfe zeigen folgende Ergebnisse:

- Der BFP zeigt bei gleichem Abfluss bedeutend geringere Fliessgeschwindigkeiten und Turbulenzen als der VSP. Das hohe Mass an Turbulenzen in einem steilen VSP schränkt dessen Funktionalität ein.
- Rheophile und eurytope Fischarten haben den BFP gleichermassen gut angenommen. Eine Selektivität für leistungsschwächere Arten und Grössenklassen wurde beim BFP nicht beobachtet.



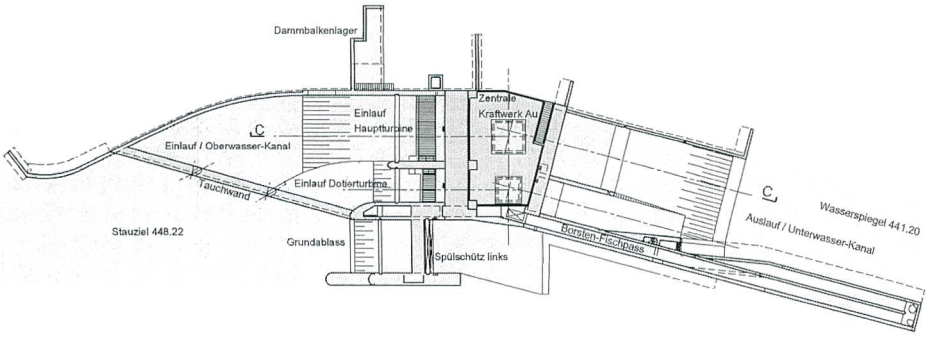


Bild 5. Wehranlage Au mit bestehendem Kanaleinlauf im Hintergrund, rechts Draufsicht.

- Im VSP zeigen die Fische u.a. Verhaltensweisen, die auf mangelnde Orientierung und Ruhemöglichkeiten hindeuten; dieses Verhalten war im BFP kaum zu beobachten.
- Aufgrund der beobachteten Verhaltensweisen verbrauchen die Fische bei der Passage eines VSP vermutlich mehr Energie als bei der Passage eines BFP. Dies ist speziell bei langen und steilen Fischaufstiegswegen von Bedeutung.
- Feldbeobachtungen zeigen, dass ein BFP gar von leistungsschwachen Schwimmern dauerhaft besiedelt wird.

Pilotanlage Borstenfischpass Kraftwerk Au-Schönenberg

Kurzbeschrieb der Wasserkraftanlage

Die Lorze AG betreibt auf dem Fabrikgelände der ehemaligen Kammgarnspinnerei Bürglen ein Kanalkraftwerk. Dazu wird beim Stauwehr Au an der Thur eine Wassermenge von maximal 17,5 m^3/s in den Kanal abgeleitet. Mit dem Neubau des Wehrkraftwerkes beim Stauwehr Au kann nun zusätzlich das an ca. 250 Tagen im Jahr vorhandene Überschusswasser genutzt werden. Mit dem Bau des Kraftwerks Au mussten gleichzeitig die Fischgängigkeit der Wehranlage Au sichergestellt, die Ausleitstrecke in der Thur mit der gesetzlich vorgeschriebenen Restwassermenge von 2 m^3/s dotiert, die bestehende Wehranlage saniert und der Hochwasserschutz verbessert werden.

Die wichtigsten Kennzahlen des Werkes sind:

Ausbauwassermenge	Q-a	43,0 m^3/s
Restwassermenge	Q-Rest	2,0 m^3/s
Bemessungshochw.	HHQ	1350 m^3/s
Mittlere Abflussmenge	MQ	38 m^3/s
Nettofallhöhe bei	Q-a	5,9 m
Maximale Fallhöhe bei	Q-Rest	7,1 m
Installierte Leistung		
Hauptturbine	P-HT	1728 kW
Dotierturbine	P-DT	508 kW
Doppelbetrieb		2050 kW

Mit dem Bau der Anlage wurde im Oktober 2001 begonnen. Die Inbetriebsetzung erfolgte im Dezember 2002. Die elektromechanische Ausrüstung besteht aus zwei unterschiedlich grossen vertikalachsigen Kaplanturbinen mit direktgekoppelten, langsam laufenden Generatoren.

Bild 6. Bauzustand: Saugrohrschalung Hauptturbine.

Bild 8. Ansicht Einlaufbereich.

Bild 7. Montage Dotierturbine als Compacteinheit.

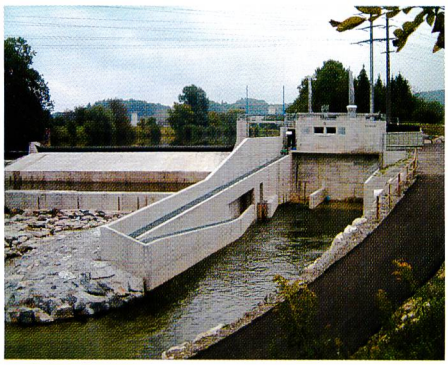


Bild 9. Ansicht von Unterwasser mit Fischaufstieg.

Borstenfischpass Kraftwerk Au

Im März 2001 wurde die Hydro-Solar Energie AG mit der Ausführungsplanung für das Kraftwerk Au-Schönenberg beauftragt.

Nebst der Überprüfung des Bauprojektes erfolgte auch eine Prüfung der vorgegebenen Gestaltung der Fischaufstiegshilfe als Vertical-Slot-Fischpass. Die Vorgaben sahen vor, dass der Schlitzpass mit einem Längsgefälle von 10% zu erstellen sei. Die an einer Vielzahl bestehender Anlagen gemachten Erfahrungen mit Schlitzpässen haben jedoch gezeigt, dass dieser Typ von Fischaufstiegshilfe bei grossem Gefälle sehr selektiv auf die Passierbarkeit wirkt.

Mit der Pilotanlage sollten die bisherigen Erkenntnisse aus dem Labor und an bestehenden, meist flacher gestalteten Anlagen weiter gestärkt und mit Erfahrungen mit steileren Anlagen erweitert werden.

Bemessungsgrössen Fischaufstieg Kraftwerk Au:

min. Wasserspiegel UW	441,10 m
Stauziel OW	448,22 m
max. Höhenunterschied	7,12 m
spez. Durchfluss	200 l/s
Gesamtlänge	95 m
Gerinnebreite	1,2 m

An die Mehrkosten der Pilotanlage leisten das Buwal, der Kanton Thurgau sowie die Bauherrschaft je einen namhaften Beitrag.

Die Inbetriebnahme des Borstenfischpasses erfolgte Ende März 2003.

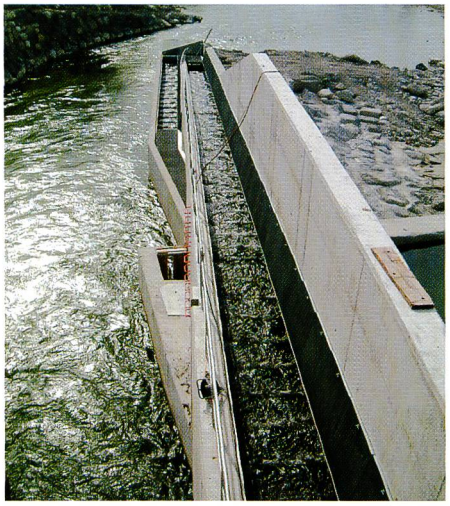


Bild 10. Ansicht des Borstenfischpasses.

Bild 12. Zusammenfassung der Erfolgskontrolle über drei Monate (1. 4. – 30. 6. 2003).

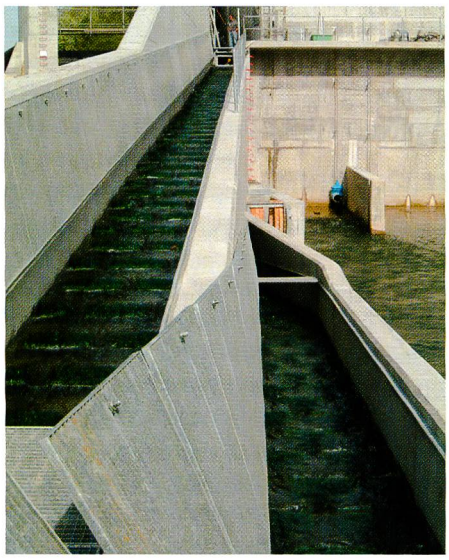


Bild 11. Betriebszustand mit 200 l/s Abflussmenge.

Erste Betriebserfahrungen

Die Versuchsergebnisse und Berechnungsansätze für den im Labor entwickelten Borstenfischpass (4% Längsgefälle) können auf Anlagen mit einer Neigung von 8% bis 10% problemlos übertragen werden.

Die maximale Strömungsgeschwindigkeit in den Lücken zwischen den Borstenelementen liegt bei 1,1 m/s, unterwasserseitig der Borstenelemente sinkt die Fliessgeschwindigkeit wie berechnet auf 0,3 m/s ab. Die Strömungslinien sind geradlinig, grossflächige Wasserwirbel sind nicht erkennbar. Nach anfänglich lokal festgestellten Auswaschungen des Sohlsubstrates wurde dieses zusätzlich mit Bahnschotter 40 mm bis 70 mm abgedeckt. Seither sind keine Geschiebebewegungen mehr feststellbar.

Seit Anfang April werden täglich Aufstiegskontrollen durchgeführt. Die bisherigen Funktionskontrollen haben bestätigt, dass der Borstenfischpass nicht selektiv auf leistungsschwächere Arten und Grössenklassen wirkt und alle in der Thur vorkommenden Fischarten die Rinne sehr gut passieren können. Beobachtungen durch das in den Fischpass integrierte Fenster zeigen zudem einen stressfreien, ruhigen, aber auch klar orientierten Aufstieg der Fische. Ebenso konnten länger andauernde Besiedlungen der Zwischenräume beobachtet werden.

Im oberen Drittel der rund 100 m langen Aufstiegshilfe ist eine erhöhte Verklausung mit Schwemmgut, kleinerem Treibholz und Algenfäden zu beobachten. Das Abflussverhalten wird durch diese Verklausungen jedoch nicht wesentlich beeinflusst. Es erfolgt lediglich ein zusätzlicher Wasseraufstau von 1 cm bis 3 cm oberhalb der Borstenreihen. Durch einen kammartigen Rechen können die Elemente mit geringem Aufwand gereinigt werden. Die durch die Wirbelablösung verursachte Borstenvibration führt dazu, dass in den Fliesskörper eingetragene, kleinere organische Feststoffe und Algen mit der Zeit zerrüttet und abgetrieben werden. Dadurch wird den Fischen eine gute Nahrungsquelle geboten.

Der bisherige Unterhaltsaufwand hat sich auf eine Reinigung der obersten 15 Borstenreihen beschränkt. Diese Arbeiten erfolgten bislang alle zwei bis vier Wochen. Es ist davon auszugehen, dass zu diesem, auch zeitlich gesehen geringen Reinigungsaufwand der Fischaufstieg ein- bis zweimal jährlich komplett zu reinigen ist.

Der Betriebszustand wurde zudem derart angepasst, dass bei Hochwasserabflüssen in der Thur der Einlaufschieber in den Fischpass automatisch geschlossen wird. Über eine feste Öffnung im Schieber erfolgt dann eine Art Notdotierung. Damit kann der Geschwemmseleintrag nochmals wesentlich verringert werden.

Zusammenfassung

Das sich noch in der Funktionserprobung befindliche Konzept des Borstenfischpasses stellt sich zunehmend als aussichtsreiche Alternative zu den herkömmlichen Arten von Fischaufstiegshilfen dar. Die Funktionalität kann bereits an verschiedenen Anlagen nachgewiesen werden. Hervorzuheben ist die geringe Selektivität und damit die Eignung für alle einheimischen Fischarten, was auf die geringen Strömungsgeschwindigkeiten und Turbulenzen zurückzuführen ist. Dieser Bautyp weist gegenüber künstlichen Bauweisen erhebliche Vorteile auf.

Mit diesem Konzept gelingt es zudem, die Aufgaben des Auf- und Abstieges von Fischen und Benthosorganismen sowie der Sportbootpassage in einem Bauwerk zu vereinen, ohne dass eine der Funktionen darunter nennenswert zu leiden hat.

Nicht nur die positiven Ergebnisse der Pilotanlage Au mit einem Längsgefälle von 8% unterstreichen das Potenzial zu einer vorteilhaften weiteren Entwicklung. Die Aufgabe der Strömung Energie zu entziehen, macht den Borstenfischpass zu einer echten Alternative zum heute vielfach in steilen und künstlichen Gerinnen eingesetzten Schlitzpass (Vertical-Slot-Pass). Bei bestehenden Aufstiegshilfen, welche vielfach eine ungenügende Funktionalität aufweisen und selektiv wirken, wie zum Beispiel Beckenpässe, kann der Borstenfischpass als Ersatzmassnahme in Betracht gezogen werden.

Anschrift des Verfassers
Markus Hintermann, Dipl.-Ing. HTL, Hydro-Solar Energie AG, Hauptstrasse 13, CH-4435 Niederdorf BL, Tel. 061 963 00 33,
E-Mail: markus.hintermann@hydro-solar.ch
Anschrift des Erfinders

Dr.-Ing. *Reinhard Hassinger,* Leiter der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universität Kassel – FB 14, D-34109 Kassel, E-Mail: hassingr@uni-kassel.de – Internet www.hydro-solar.ch