



© Seidl

Der modifizierte, sohlenoffene Denil-Pass - Renaissance einer kostensparenden Fischeaufstiegsanlage

Denil-Pässe galten bislang als einschränkend für die Passage von bodenorientierten und schwimm-schwachen Fischen. Bei dem modifizierten Denil-Pass wurde das Konzept in erster Linie dahingehend überarbeitet, dass Sohlensubstrat in den Fischpass eingebracht wurde. Durch mehrere Untersuchungen im Labor und im Feld konnte das System hydraulisch optimiert werden. Im Zuge von Funktionskontrollen in der Barben- und Forellenregion wurde die Passage eines breiten Spektrums an Arten und Größenklassen nachgewiesen. Dabei konnten auch hohe Aufstiegszahlen von bodenorientierten Kleinfischen festgestellt werden.

Georg Seidl, Josef Schneider und Clemens Dorfmann

1 Einleitung

Mit der Wasserrahmenrichtlinie wurde die Errichtung von Fischeaufstiegsanlagen (FAA) zur Kontinuumsanierung in vielen Mitgliedsländern der EU forciert. Während zu Beginn der Sanierungs-etappen noch beinahe ausschließlich konventionelle Bautypen, wie Umgehungsgerinne, Schlitzpässe oder Beckenpässe, umgesetzt wurden, etablierten sich im Laufe der Zeit, bedingt durch schwierige bautechnische, räumliche und/oder wirtschaftliche Situationen, zusehends alternative Varianten. In Österreich stellen diese Alternativvarianten ausschließlich automatisierte

Systeme (Schleusen, Lifte und Fischeaufstiegsschnecken) dar. Dies ist in erster Linie durch den platz- und kosteneffizienteren Einsatz dieser Bautypen zu begründen. Dabei stützten sich die Entwickler auf bereits bestehende Konzepte, übernahmen diese oder führten entsprechende Weiterentwicklungen dieser Systeme durch. Es erscheint beinahe verwunderlich, dass bei Schnecken-, Lift- und Schleusensystemen verschiedene Entwickler bzw. Hersteller jeweils eigene Ausführungen des selben Bautyps auf den Markt brachten, während bei einer der ältesten und wirtschaftlichsten FAA-Technologien, dem Denil-Pass, offenbar keine Hoffnung mehr auf Funktionalität gesetzt wurde.

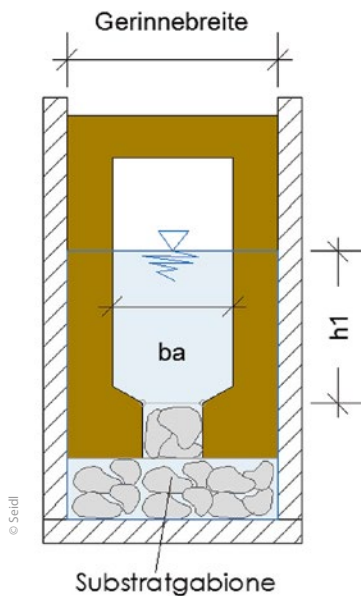


Bild 1: Schemaskizze (links) und Einbau des modifizierten Denil-Passes (rechts)

Denil-Pässe oder Gegenstrompässe wurden über Jahrzehnte in zahlreichen Ländern der Erde errichtet und finden beispielsweise in den USA auch gegenwärtig noch Anwendung. Im europäischen Raum zählten Denil-Pässe bis zum Ende des 20. Jahrhunderts zu einem häufig gewählten Bautyp. Diese FAA kann mit relativ geringem Aufwand kostengünstig errichtet und v. a. auch an bestehenden Wehranlagen nachgerüstet werden. Die Anlagen ermöglichen v. a. laichreifen Individuen wirtschaftlich relevanter Fischarten (z. B. Salmoniden und Heringen) die Passage.

Gegenstrompässe gehen in ihrem Grundprinzip auf die Entwicklung des belgischen Ingenieurs Gustav Denil zu Beginn des 20. Jahrhunderts zurück [1]. Sie bestehen aus einem steilen Gerinne mit einer Neigung von 10 bis 25 %, in welchem durch die Anordnung von Lamellen Gegenströmungen erwirkt werden. Diese Gegenströmungen reduzieren die Fließgeschwindigkeiten im Zentrum des Fischpasses und generieren dadurch Strömungsbedingungen, welche Fischen den Aufstieg selbst bei großem Gefälle ermöglichen. Dabei weisen Standard-Denil-Pässe oberflächennah sehr hohe Fließgeschwindigkeiten auf, die sich zur Sohle hin jedoch deutlich reduzieren [2].

Kompakt

- Denil-Pässe waren bislang vor allem für bodenorientierte Kleinfische hoch selektiv eingestuft.
- Mit dem modifizierten Denil-Pass wurde das Strömungsverhalten gegenüber dem Standard-Denil-Pass deutlich verbessert.
- In biologischen Funktionskontrollen an mehreren Versuchsanlagen konnte ein hoher Anteil von bodenorientierten Kleinfischen nachgewiesen werden.

Die einschlägige Literatur beschreibt, dass Gegenstrompässe, entgegen naturnahen Umgehungsgerinnen oder beckenartigen FAA, wie Schlitz- oder Beckenpässen, die im Wanderkorridor Ruhezone aufweisen, in der Regel zügig durchwandert werden müssen. Dieser Aspekt limitiert diese Bautypen in Länge und Neigung [3], [4]. Durch zahlreiche Versuche und Weiterentwicklungen etablierten sich im Lauf der Zeit unterschiedliche Arten von Denil-Pässen. So lassen sich Gegenstrompässe gegenwärtig in den Standard-Denil-Pass, den Larinier-Fischpass und den Steppass untergliedern [5]. Fischpässe nach dem Denilprinzip werden in der Literatur als größen- bzw. artenselektiv beschrieben, wobei die Selektion vor allem für bodenorientierte Kleinfischarten hoch eingestuft wird. Ebenso werden Denil-Pässe gegenüber Schwankungen des Oberwasserspiegels im Zulaufbereich als besonders sensitiv beschrieben, so dass lediglich Wasserspiegelschwankungen vom max. 0,2 m zulässig sind [3]. Für schwimmstarke und großwüchsige Individuen konnte jedoch seit jeher eine gute Funktionalität des Bautyps belegt werden. So wurden neben Lachsen und Heringen auch gute Aufstiegsraten heimischer Schwarmfische in Denil-Pässen nachgewiesen. Am Beispiel eines Monitorings an einem Denil-Pass an der Aare, durchgeführt von Mai bis Juli 1950, konnten 12 000 aufgestiegene Barben und 2 000 Nasen gezählt werden [6].

Aufgrund der hohen Selektivität gegenüber Kleinfischen, welche den Großteil des zu erwartenden Migrationspotenzials in Fließgewässern darstellen, wurden Denil-Pässe in aktuellen Richtlinien und Leitfäden nicht mehr oder nur eingeschränkt empfohlen. In nun mehrjähriger Forschungstätigkeit wurde in unterschiedlichen Modellversuchen bzw. durch die Errichtung mehrerer Versuchslagen im Feld ein modifiziertes System dieser FAA entwickelt. Die Zielsetzung bestand darin, primär für die Arten der Forellen- und Äschen-Region eine funktionale und kosteneffiziente FAA zu entwickeln, welche es ermöglicht, auch an wirtschaftlich und topographisch schwierigen Standorten die Durchgängigkeit wieder herzustellen.

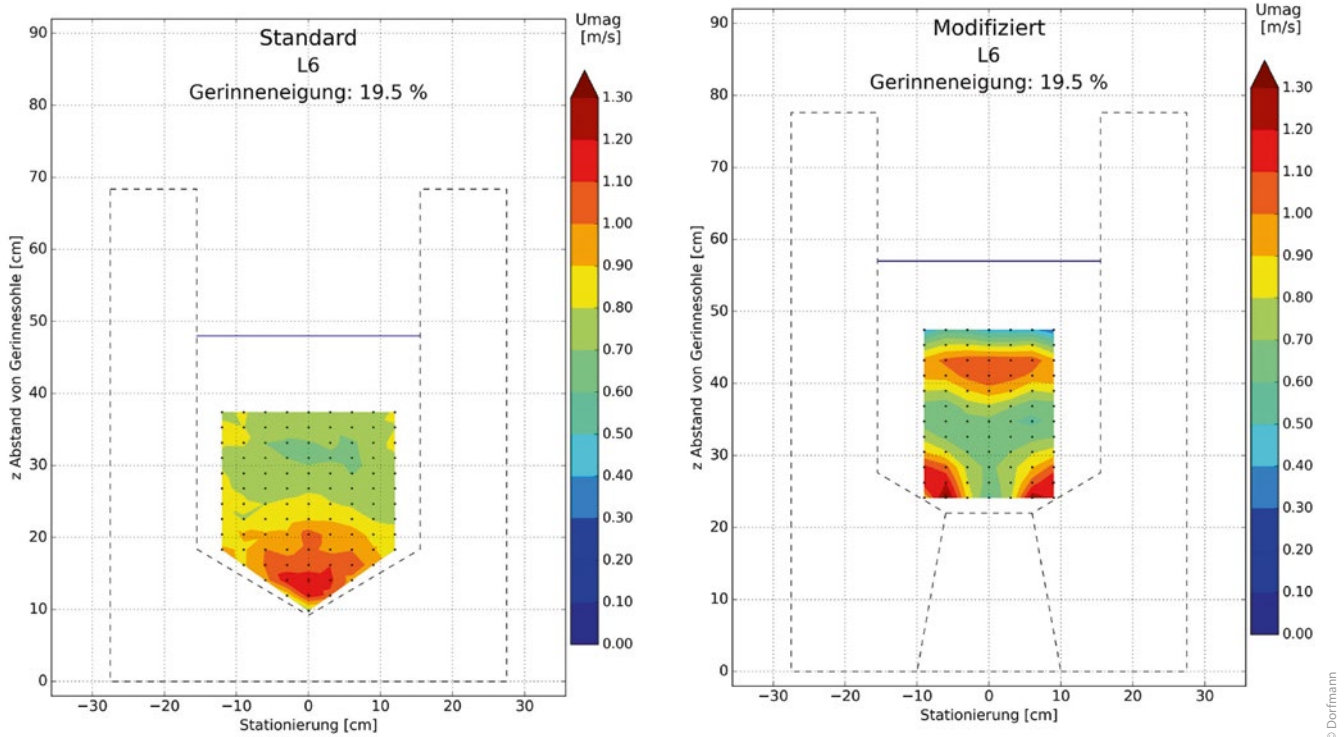


Bild 2: Vergleich der Fließgeschwindigkeiten bei einer Neigung von 19,5 % im Standard-Denil-Pass (links) mit dem modifizierten System (rechts)

2 Beschreibung des modifizierten Denil-Systems

Alle bisherigen Bautypen von Denil-Pässen sind so konzipiert, dass die Lamellen auf der glatten Sohle des Gerinnes aufliegen. Dadurch wird die Durchgängigkeit für Makrozoobenthos (MZB) behindert und ebenso bodenorientierten Fischarten die Passierbarkeit erheblich erschwert. In heimischen Fließgewässern ist zumindest die Koppe als bodenorientierte Art von der Barben-Region bis in die obere Forellenregion als Leit- oder Begleitart zu erwarten. Die Funktionalität von FAA für bodenorientierte Arten ist somit für jede Fischregion entsprechend zu berücksichtigen.

Die Motivation bei der Entwicklung des Systems bestand darin, mittels Integration von Sohlensubstrat in den Denil-Pass vor allem die Durchgängigkeit für bodenorientierte Kleinfische und MZB zu ermöglichen. Zielsetzung war dabei, die hydraulischen Konditionen der ursprünglichen FAA zu verbessern bzw. nicht zu verschlechtern. Auf Basis der Untersuchung unterschiedlicher Varianten sowohl im Wasserbaulabor als auch im Feld konnte eine optimierte Auslegung des Denil-Passes mit Sohlensubstrat erfolgen. Das Substrat wird dabei in eine verkehrt-T-förmige Gabione eingelagert. Die Sohle der FAA verfügt dadurch über einen breitflächigen Substratkörper, welcher die anliegenden Lamellen durch einen zentrierten Substratkörper voneinander trennt. Durch die Anordnung in einer Gabione kann der Austrag von Substrat beim Spülvorgang verhindert werden. Die in U-Profilen geführten Lamellen liegen am Gabionenboden auf und können jederzeit von Hand gezogen werden, um Sichtungen, Wartungen oder Spülungen zu ermög-

lichen. In **Bild 1** ist links die Schemaskizze des modifizierten Systems mit der Substratgabione dargestellt und rechts ein Foto vom eingebauten Denil-Pass illustriert. Das Foto zeigt den Anschluss der Substratgabione an die Sohle im Oberwasser.

2.1 Hydraulik

Im Wasserbaulabor der TU Graz wurden im 1:1-Modellversuch unterschiedliche Varianten mit Sohlensubstrateinlagerung untersucht und hydraulisch analysiert. Dabei zeigte sich, dass im Vergleich mit dem Standard-Denil-Pass durch die zentrierte Anordnung der Substratgabione eine erhebliche Verringerung der resultierenden Fließgeschwindigkeiten, vor allem im bodennahen Bereich erzielt wird [7]. Im **Bild 2** sind die resultierenden Fließgeschwindigkeiten der beiden Systeme dargestellt. Die Abbildung links zeigt den Standard-Denil-Pass, rechts ist das modifizierte System abgebildet.

Die in der Abbildung dargestellten, resultierenden Fließgeschwindigkeiten wurden auf Basis von ADV-Messungen (Acoustic Doppler Velocimeter) durchgeführt [7]. Aufgrund des hohen Lufteintrages waren Messungen der Fließgeschwindigkeiten in Oberflächennähe methodisch nicht möglich, sondern konzentrierten sich auf den strömungsberuhigteren Wanderkorridor. Die hydraulischen Versuche zeigten, dass der klassische Standard-Denil-Pass in Sohlennähe nach oben gerichtete, vertikale Fließgeschwindigkeiten aufweist, welche häufig die Fließgeschwindigkeiten in der Hauptstromrichtung deutlich überschreiten. Dieses Phänomen kann sich vor allem auf die Passage von bodenorientierten Kleinfischen negativ auswirken, da dadurch einerseits mit einem Verdriften in die oberflächen-

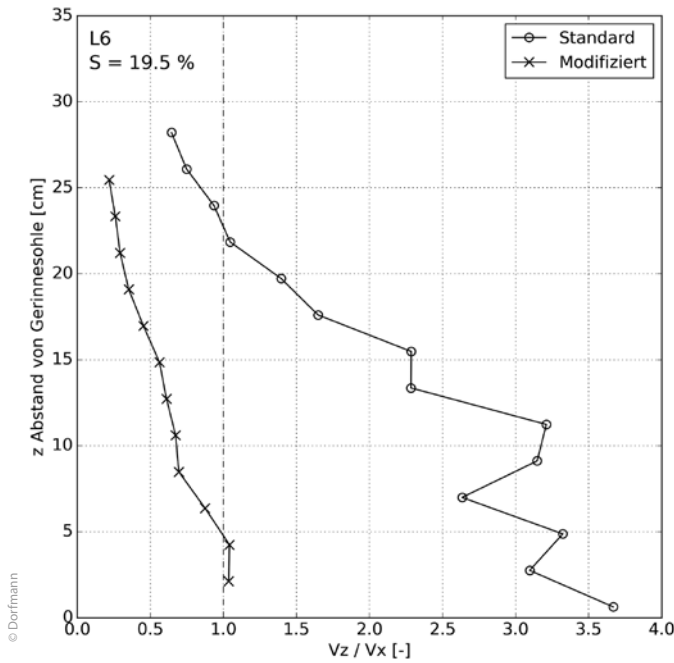


Bild 3: Gegenüberstellung der Fließgeschwindigkeitsrelationen v_z/v_x im Standard-Denil-Pass und im modifizierten Denil-Pass

nahe, durch hohe Fließgeschwindigkeiten charakterisierte Zone zu rechnen ist und andererseits von einem Orientierungsverlust der Kleinfische ausgegangen werden kann.

Durch die vorliegende Neuentwicklung konnte dieser negative Aspekt weitgehend beseitigt werden, so dass die Geschwindigkeiten in Hauptstromrichtung deutlich dominieren. In **Bild 3** ist die Relation der Fließgeschwindigkeit in Hauptstromrichtung (v_x) zur vertikalen Fließgeschwindigkeitskomponente (v_z) bei einer Neigung von 19,5 % abgebildet. Die x-Achse des Koordinatensystems entspricht dabei der Sohle des Fischpasses. Es wird deutlich, dass beim modifizierten Denil-Pass das Verhältnis v_z/v_x über den Großteil des Wanderkorridors deutlich unter 1 liegt. Lediglich im bodennahen Bereich weisen die beiden Fließgeschwindigkeitskomponenten ähnlich hohe Werte auf, während beim Standard-Denil-Pass die Werte der v_z in diesem Bereich, über dem 3-fachen der v_x liegen.

Es wurden Versuche mit Neigungen von 12 % und 19,5 % durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Neigungserhöhung im modifizierten System entgegen dem Standard-Denil-Pass zu einer Verringerung der vertikalen Fließgeschwindigkeiten

führte. Während bei einer Neigung von 12 % die vertikale Komponente (v_z) auch im modifizierten System in Sohlennähe gegenüber den Fließgeschwindigkeiten in Gerinneachse überwiegt, bildet sich bei einer Neigung von 19,5 % eine gerichtete Strömung mit deutlicher Dominanz der Fließgeschwindigkeiten in Gerinneachse aus. Dies lässt eine höhere Funktionalität v. a. für die Passage von Kleinfischen erwarten [7]. Es konnte somit festgestellt werden, dass sich die hydraulischen Bedingungen des modifizierten Systems deutlich von jenem des Standard-Denil-Passes unterscheiden.

Für die technische Dimensionierung von Standard-Denil-Pässen gilt, dass die Wassertiefe (h_1) im System der 1- bis 1,5-fachen Breite des Lamellenausschnittes (b_a) entsprechen soll [3]. Aktuelle Untersuchungen im Wasserbaulabor zeigten, dass das modifizierte Denilsystem erst ab einer Wassertiefe, welche dem ca. 1,4-fachen Lamellenausschnitt entspricht, hydraulisch optimale Bedingungen im System liefert. So ergab ein Verhältnis von $h_1/b_a = 1,4$ in den unteren 50 % der Wassertiefe Fließgeschwindigkeiten (v_x) unter 1 m/s und lässt für diesen Bereich auf einen Wanderkorridor schließen, welcher auch für Kleinfische passierbar ist. Das Diagramm in **Bild 4** zeigt die Verteilung der Fließgeschwindigkeiten im Wanderkorridor über die Wassertiefe bei unterschiedlichen Verhältnissen von h_1/b_a im modifizierten System. Während der Anteil der Fließgeschwindigkeiten <1 m/s bei einem Verhältnis von 0,9 sich auf die unteren 20 % der Wassertiefe beschränkt, steigt dieser bei einem Verhältnis von 1,8 auf ca. 60 % der Wassertiefe an.

Deutlich ersichtlich ist auch der Zusammenhang der Kurvengeometrie mit dem Verhältniswert. So stellt sich das erwünschte konvexe Fließgeschwindigkeitsprofil des Gegenstrompasses erst bei höheren Verhältniswerten ein. Das konkave Strömungsprofil bei $h_1/b_a = 0,9$ bildet hydraulisch ungünstige Bedingungen ab, da sich neben der deutlichen Erhöhung der Fließgeschwindigkeit über die gesamte Wassertiefe auch die bodennahen Fließgeschwindigkeiten deutlich erhöhen. Die konvexe Geometrie

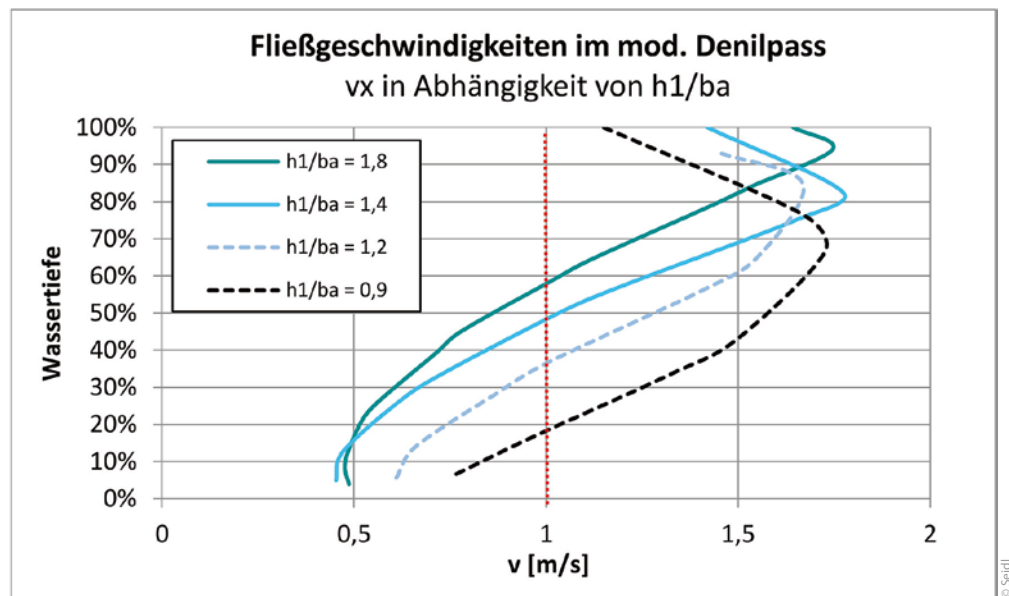


Bild 4: Fließgeschwindigkeit v_x in Abhängigkeit von h_1/b_a bei einer Neigung von 19,5 %

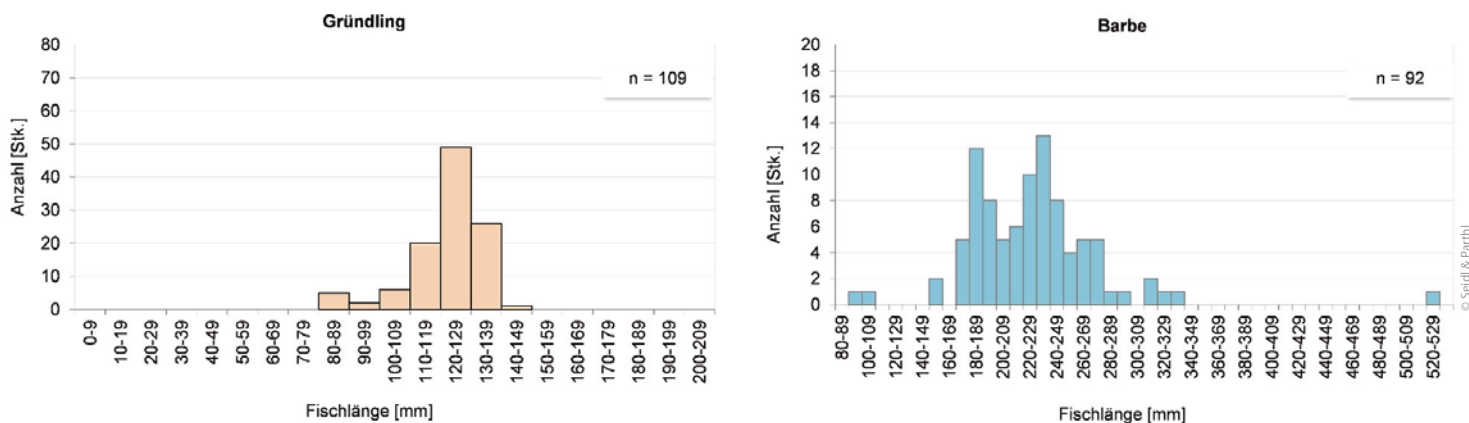


Bild 5: Längenfrequenzdiagramme der Reusenfänge von Gründling und Barbe im Zuge des Monitorings der Pilotanlage in Rohr/Raab

liefert zwar im Bereich der Oberfläche höhere Fließgeschwindigkeiten, reduziert diese jedoch über den gesamten Wanderkorridor und erreicht in Bodennähe minimale Fließgeschwindigkeiten mit Werten <0,5 m/s.

2.2 Monitoringergebnisse der Pilotanlagen

Die erste Versuchsanlage des modifizierten Denil-Passes wurde 2017 an der Raab in der Oststeiermark im Epipotamal (Barben-Region) an einer festen Wehrschwelle eines ehemaligen Mühlenstandortes errichtet. Die Umsetzung erfolgte als Bautypenkombination eines Beckenpasses mit dem modifizierten Denilsystem. Da im Projektgebiet eine Verlegung des Flusslaufes aufgrund eines Straßenbauvorhabens geplant ist, stellte die FAA eine temporäre Versuchsanlage mit der Zielsetzung dar, die Migration für laichreife Mittelstreckenwanderer zu ermöglichen. Der Denil-Pass wurde, da zum damaligen Zeitpunkt entsprechende Dimensionierungsgrundlagen fehlten, in Anlehnung an die Bemessungsempfehlungen für Standard-Denil-Pässe gemäß DWA-Merkblatt [3] mit einem h_1/b_a -Verhältnis von 1 bzw. 1,5 bemessen. Während des gesamten Monitorings traten massive Reusenverlegungen

durch Schwimmgut auf, welche den Zufluss zur FAA drastisch reduzierten. Dennoch war der Nachweis von 10 Fischarten möglich. Dies ist insofern bemerkenswert, da die biotischen Untersuchungen durch die Reusenverlegung permanent bei einem h_1/b_a -Verhältnis von <1,0 erfolgen mussten und somit unter hydraulisch ungünstigen Bedingungen stattfanden. Die Arten Goldsteinbeißer, Bachschmerle, Nase, Bachforelle, Regenbogenforelle und Bachsaibling wurden nur in geringen Stückzahlen bzw. als Einzelnachweis dokumentiert. Für den Gründling, die Barbe und das Aitel konnte neben hohen Stückzahlen auch eine große Bandbreite an Größenklassen nachgewiesen werden. In **Bild 5** sind die Längenfrequenzdiagramme von Gründling und Barbe illustriert. Besonders bemerkenswert waren dabei die hohen Aufwanderungsraten des Gründlings, da diese Fischart ist als bodenorientiert und schwimmschwach [8] eingestuft ist. Für Standard-Denil-Pässe wurde eine eingeschränkte Passierbarkeit für bodenorientierte Arten festgestellt [3], [4]. Die Passage von Gründlingen in den beobachteten Stückzahlen bzw. der dargestellten Größenverteilung ist für das konventionelle System somit auszuschließen.

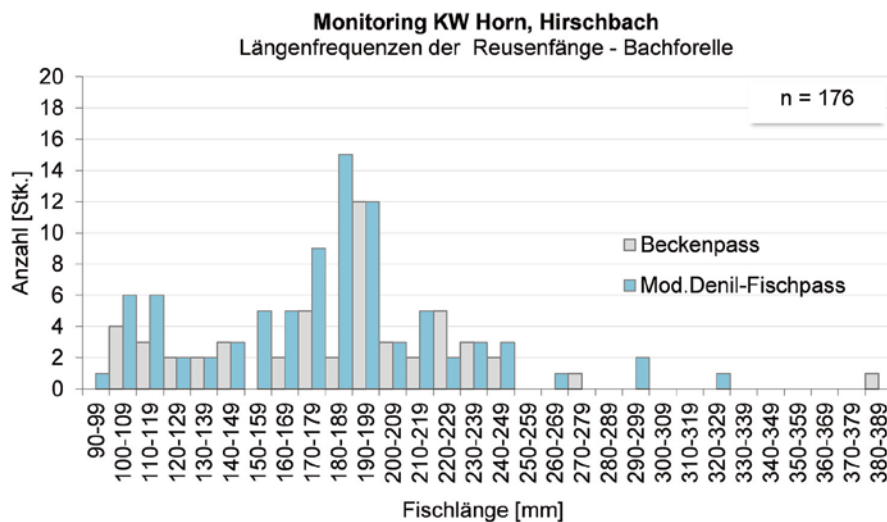


Bild 6: Längenfrequenzdiagramme der Reusenfänge im Beckenpass und modifizierten Denil-Pass für die Fischart Bachforelle am KW Horn am Hirschbach

Die biotischen Ergebnisse dieser Pilotanlage konnten die strömungstechnischen Erkenntnisse des Modellversuches untermauern und bestätigten dadurch die deutlich verbesserten hydraulischen Konditionen im modifizierten Denil-Pass.

Die gewonnenen Daten der Pilotanlage in der Barbenregion ließen auch auf eine potenziell hohe Funktionalität in der oberen Forellenregion schließen, da dort nur die als schwimmstark eingestufte Bachforelle und die bodenorientierte Koppe vorkommen. Um diese Hypothese näher zu prüfen, wurde eine Versuchsanlage am Hirschbach (Steiermark, obere Forellenregion) konzipiert. Der modifizierte Denil-Pass wurde parallel zu einem Beckenpass an der Wehranlage eines Kleinwasserkraftwerkes errichtet. Die Funktionalität für die Fischart Koppe konnte durch eine mehrtägige Versuchsreihe mit Besatztieren belegt werden. Im anschließenden Monitoring wurden die beiden FAA, in abwechselnden Zyklen beprobt. Bei der Gegenüberstellung bzw. der Analyse der Aufstiegsraten und Längenfrequenzverteilungen der Bachforelle wurden keinerlei Defizite des modifizierten Denilsystems gegenüber dem Beckenpass deutlich (**Bild 6**). Ebenso konnte für die Fischart Koppe der Nachweis der Passage neben dem Fischversuch auch im daran anschließenden Monitoring erbracht werden. Besonders beachtlich war dabei die Erkenntnis, dass diese Tiere in der FAA Zwischenstopps einlegen können und somit, entgegen der allgemeinen Fachmeinung [3], [4], zumindest im modifizierten Denil-Pass nicht gezwungen sind, das System in einem Zug zu durchwandern [9].

An dem Gebirgszubringer Pischingbach wurde 2019 eine Pilotanlage des modifizierten Denilsystems mit 30 % Neigung (**Bild 7**) errichtet und 2020 erfolgreich gemonitort. Diese Anlage hat zum Ziel, die Effizienz des neu entwickelten Systems unter hoher Neigung und geringer Dotation (30 l/s) zu testen. Im Zuge der Untersuchungen wurden die Abschnitte flussauf und flussab der Wehranlage elektrisch befishet, die gefange-

nen Individuen (ausschließlich Bachforellen) markiert und im Unterwasser eingesetzt. Im anschließenden Reusenmonitoring konnten binnen 3 Tagen 79 % der markierten Individuen in der Reuse gefangen, vermessen und protokolliert werden. Auf Basis einer umfassenden Monitoringstudie konnten Noonan et al. [10] die mittlere Passageeffizienz von FAA für Salmoniden mit 62 % beziffern. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen auch für Anlagen mit 30 % Neigung erste gute Prognosen in der Funktionalität ableiten.

Während die Versuchsanlagen in der Barbenregion als Holzkonstruktion errichtet wurden, etablierten sich an den weiteren Projektstandorten Varianten in Stahlbauweise mit Kunststofflamellen (**Bild 7**). Dabei kamen sowohl Fischpässe als Edelstahlkonstruktion, als auch Bautypen in Schwarzstahl mit korrosionsbeständiger Oberflächenbeschichtung zur Ausführung.

2.3 Dimensionierung

Für konventionelle Schlitz- und Beckenpässe wird für die Dimensionierung die 3-fache Fischbreite als Bemessungskriterium herangezogen. Auf Basis eines im Herbst 2019 am Hirschbach erfolgten Fischversuches wurde das Schwimmverhalten einer Regenbogenforelle im modifizierten Denil-Pass analysiert (**Bild 8**). Der Fisch mit einer Länge von 57 cm, einer Körperbreite von 8 cm und einer Körperhöhe von 13 cm wurde dabei mit einer Videokamera gefilmt, wie er das Denilsystem zwei Mal durchwanderte. Das modifizierte Denilsystem mit einer Länge von 7 m und einer Lamellenausschnittsbreite von 20 cm, dies entspricht der 2,5-fachen Fischbreite, konnte dabei ohne ersichtlichen Körperkontakt mit den Lamellen durchwandert werden. Beachtlich dabei war, dass sich der Fisch bei der Aufwanderung in der Videosequenz nicht zentriert ausrichtete, sondern den Denil-Pass an der Flanke des Wanderkorridors durchschwimmen konnte.



Bild 7: A) Versuchsanlage in Rohr an der Raab (Barben-Region), B) Versuchsanlage am Hirschbach (Forellen-Region), C) Versuchsanlage am Pischingbach (Forellen-Region mit 30 % Gerinne-neigung)



Bild 8: Fischversuch mit einer Regenbogenforelle als Basis zur Systemauslegung für Großsalmoniden (Huchen, Seeforelle) - Ausschnitt aus der Videoanalyse

Aus der Versuchsanordnung lässt sich ableiten, dass die 3-fache Fisbreite auch als Bemessungsgrundlage für die Lamellenöffnung des modifizierten Denilsystems bei der Auslegung für Großsalmoniden herangezogen werden kann. Dass eine Systemauslegung mit einer Lamellenöffnung von 30 cm, welche die Passage von Großsalmoniden (Huchen und Seeforelle) erwarten lässt, auch die Aufwanderung von Klein- und Jungfischen gut ermöglicht, konnten Seidl et al. [11] mit einem Monitoring an der Pinka (Burgenland) belegen. Somit steht die technische Auslegung des modifizierten Denil-Passes für Großfische mit Körperlängen von 80-100 cm in keinem Widerspruch zur Passierbarkeit von schwimmschwachen Kleinfischen.

Modellversuche soll diese Hypothese weiter geprüft und die Gegenstromhydraulik des modifizierten Denil-Passes weiter erforscht werden. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt kommt der Anordnung und Dimensionierung von Ruhebecken zu. Ebenso werden weitere Optimierungen der Lamellengeometrie sowie des Einlaufbereiches angestrebt. Besonderes Interesse könnte in zukünftigen Projekten der Verschneidung von Schwimmleistungen hydraulisch disponierter Fische mit den auftretenden Fließgeschwindigkeiten und Turbulenzen zukommen. Die bislang beobachteten Ergebnisse bilden eine wider Erwarten hohe biologische Leistungsfähigkeit des neu entwickelten Gegenstrompasses ab.

3 Aktuelle Untersuchungen und Ausblick

Gegenstand aktueller Untersuchungen sind die Auswirkungen von Neigungserhöhungen auf die Geschwindigkeitsverteilung im System. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die Fließgeschwindigkeiten bei einer Erhöhung des Gefälles von 20 auf 30 % oberflächennah deutlich steigern, während die Fließgeschwindigkeiten im Wanderkorridor und in Bodennähe bei beiden Neigungen ein sehr ähnliches Bild liefern. Im Zuge der laufenden

4 Zusammenfassung

Denil-Pässe zählen zu den ältesten FAA und wurden weltweit in den unterschiedlichsten Ländern und Fließgewässern errichtet. Während diese Bautypen für große Fische durchwegs gute Ergebnisse lieferten, konnten sie das Kontinuum für Makrozoobenthos nicht erschließen und wiesen deutliche Defizite für schwimmschwache und bodenorientierte Kleinfische auf.

Mit dem sohlenoffenen, modifizierten Denil-Pass konnte nun ein System entwickelt werden, bei welchem durch die neuartige Lamellenanordnung die Integration eines Substratkörpers in einen Gegenstrompass ermöglicht wird. Neben dem Einbringen von Substrat und den dadurch entstehenden, für bodenorientierte Arten zur Wanderung erforderlichen Lückenraum bzw. Schotterkörper konnten die hydraulischen Bedingungen im Vergleich mit dem Standard-Denil-Pass deutlich verbessert werden. Dies spiegelt sich auch in den biotischen Ergebnissen wider. So war es an der Pilotanlage an der Raab erstmals möglich, neben dem Nachweis zahlreicher anderer Arten Massenaufstiege von bodenorientiert und schwimmschwach eingestuften Gründlingen zu dokumentieren. An einem weiteren Pilotstandort in der Forellen-Region wurde neben Salmoniden auch der Aufstieg von Koppen belegt. Gegenwärtige Untersuchungen widmen sich Anordnungen mit 30 % Neigung und sie konnten bereits die Funktionsfähigkeit für die Fischart Bachforelle belegen.

Dank

Für die breite Unterstützung, welche weit über die Entwicklung des Pilotprojektes in Rohr an der Raab hinausreichte, sei den Abteilungen 14 und 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung herzlichst gedankt. Besonderer Dank gilt dabei (alphabetisch): DI Raimund Adelwöhrer, Mag. Jörg Ambrosch, Mag. Thomas Battisti, Mag. Alfred Ellinger, Mag. Barbara Friehs, Dr. Michael Hochreiter, DI Paul Saler und DI Christoph Schlacher. Ebenso gilt Herrn Ing. Markus Horn für die Ermöglichung der Pilotanlage am Hirschbach großer Dank.

Autoren

Dipl.-Ing. Georg Seidl
flusslauf, Ingenieurbüro für Gewässerökologie und Wasserbau
Pestalozzistraße 56/3/11
8010 Graz, Österreich
office@flusslauf.at

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Josef Schneider
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz
Stremayrgasse 10/II
8010 Graz, Österreich
schneider@tugraz.at

Dipl.-Ing. Dr. techn. Clemens Dorfmann
flow engineering, Ingenieurbüro für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
Brockmannngasse 108
8010 Graz, Österreich
clemens.dorfmann@flowengineering.at

Literatur

- [1] Denil, G.: Les Échelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe. In: Annales des travaux publics de Belgique Série II/ XIV, 66 (1909), S. 253-395.
- [2] Katapodis, C.; Rajaratnam, N.: A Review and Laboratory Study of the Hydraulics of Denil Fishways. In: Canadian Technical Report of Fisheries & Aquatic Sciences (1983), No. 1145.
- [3] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter (2014), M 509.
- [4] Krüger, F.: Denil-Fischpässe. In: Wasserwirtschaft/Wassertechnik 94 (1994), Nr. 3, S. 24-32.
- [5] Larinier, M.: Environmental issues, dams and fish migration. Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. In: FAO Fisheries Technical Paper (2001), No. 419.
- [6] Guthruf, J.; Guthruf-Seiler, K.: Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und Mündung in den Rhein. Kurzfassung Schlussbericht, 2006.
- [7] Schneider, J.; Dorfmann, C.; Seidl, G.: Denil fish ladder - an old concept revisited. In: River Research and Applications (2021) (in Vorbereitung).
- [8] Adam, B.; Lehmann, B.: Ethohydraulik - Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2011.
- [9] Seidl, G.; Schneider, J.: Comparative biotic monitoring of a modified, open-bed Denil fishway and a pool & slot fishway on a small tributary in the upper trout region. In: Water (2021) (in Vorbereitung).
- [10] Noonan, J. M.; Grant, J. W. A.; Jackson, Ch. D.: A quantitative assessment of fish passage efficiency. In: Fish and Fisheries 13 (2012), S. 450-464.
- [11] Seidl, G.; Schneider, J.; Parthl, G.: Biotisches und abiotisches Monitoring des modifizierten Denil-Passes an einem Tieflandfluss in der Barben-Region. In: WasserWirtschaft 111 (2021) Heft 2-3, S. 20-26.

Georg Seidl, Josef Schneider and Clemens Dorfmann

The modified open-bed Denil fishway - Renaissance of a cost-saving fishway

Up to now Denil fishways have been considered as being restrictive to the passage of bottom-dwelling fish which are poor swimmers. To realise the modified Denil fishway, the original conception of a Denil fishway has mainly been modified by placing bed substrate in the fishway. By several laboratory and field tests the system could be hydraulically optimised. In the course of monitorings in the barbel and trout region the passage of a wide range of species and size classes has been recorded and also the passage of bottom-dwelling small fish could be proved.

 Springer Professional

Fischaufstiegsanlagen 

Mühlbauer, M.; Ratschan, C. et al.: Das asymmetrische Raugerinne, ein neuer Fischaufstiegsanlagen-Typ. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 2-3/2020. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020.
www.springerprofessional.de/link/17762864

Epple, T.; Friedmann, A.; Born, O.: Schritte zum guten ökologischen Potenzial - Fischaufstiegsanlagen und Ersatzlebensräume an den Illerstautufen der LEW Wasserkraft GmbH. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 10/2019. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019.
www.springerprofessional.de/link/17229636