

Versuchsstand, Rechenbreite auf 0,5 m verschmälert (Anblick von Unterstrom).

Coanda-Rechen für Fisch und Strom

Umweltverträglichkeit | Besonders an Gebirgsbächen sind Wasserfassungen wegen der Geschiebemengen eine Herausforderung. Damit die mitgeführten Feststoffe die Turbinenbauteile nicht beschädigen, wird ein Entsander vorgeschaltet. Solche Installationen können für Fische unüberwindlich sein. Es gibt aber eine Alternative: den Coanda-Rechen.

IMAD LIFA, SERAINA BRAUN-BADERTSCHER

Da Tirolerwehre die Fischwanderung behindern können, werden sie in Fischgewässern kritisch betrachtet. Überwiegend an Gebirgsbächen wird alternativ zum Tirolerwehr seit vielen Jahren der Coanda-Rechen eingesetzt. Aufgrund der geringen Spaltabstände im (Sub-) Millimeterbereich wirkt er wie ein Filter für das Triebwasser und gilt ausserdem als fischfreundliche Variante zum Tirolerwehr. Wissenschaftliche Untersuchungen zu beiden Annahmen existieren aber bislang nicht.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts der Fachhochschule Graubünden (FHGR) in Zusammenarbeit mit der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich wurde in der Versuchshalle der VAW eine Versuchsvorrichtung im Massstab 1:1 erstellt, um das Schluckvermögen, das hydraulische Verhalten sowie die Geschiebeabweisung von Coanda-Rechen zu testen. Anschliessend wurden ethohydraulische Versuche (Ethohydraulik ist eine Kombination aus Ethologie mit Hydraulik, d. h.

eine Erforschung des Tierverhaltens im Hydraulik-Kontext) mit Bachforellen aus Wildfang durchgeführt, um die Eignung des Coanda-Rechens als Abstiegshilfe zu untersuchen.

Methodik

Hierzu wurde eine Versuchsanlage im Massstab 1:1 mit gerader Anströmung aufgebaut (**Einstiegsbild**). Aufgrund von Herstellerangaben wurde die maximale spezifische Fassungskapazität von Coanda-Rechen mit weniger als 300 l/s pro Laufmeter abgeschätzt. Mit

den versuchstechnisch maximal möglichen Durchflüssen von 300 l/s ergab sich für die Rechenbreite von 1,115 m eine spezifische Fassungskapazität von 269 l/s pro Laufmeter.

Bei einigen Klarwasserversuchen sowie bei allen ethohydraulischen Untersuchungen wurde die Rechenbreite mit eingesetzten Plexiglaswänden auf 0,5 m verschmälert (**Einstiegsbild**). Dadurch konnte eine maximale spezifische Durchflussrate von 600 l/s pro Laufmeter erreicht werden.

Im Forschungsprojekt wurden insgesamt elf Rechen mit Spaltweiten zwischen 0,4 und 3,0 mm verwendet. Zehn Rechen stammten von der Firma Wild Metal GmbH in Ratschings (I), ein Rechen von der Firma Quellfrosch in St. Gallen.

Klarwasserversuche

An allen elf Rechen wurde in einem ersten Schritt die Schluckfähigkeit ohne Geschiebe überprüft und dokumentiert. Dabei wurden die Pegelstände und Fliessgeschwindigkeiten mit und ohne Einlaufschwelle am Wehr ermittelt.

Gemäss unzuverlässigen Literaturangaben liegt das maximale Schluckvermögen des Coanda-Rechens bei 140 l/s pro Laufmeter. Dies ist in der Praxis oft der Grund, weshalb das Tirolerwehr dem Coanda-Rechen vorgezogen wird. Mit den durchgeführten Versuchen konnten diese Angaben nicht bestätigt werden.

Die untersuchten Standardrechen von Wild Metal mit 0,6 mm bzw. 1,0 mm Spaltweite weisen eine Fassungskapazität von über 500 l/s pro Laufmeter auf. Auch der Rechen der Firma Quellfrosch mit einer Spaltweite von 1,05 mm weist bereits bei nicht optimalem Einbauwinkel eine Fassungskapazität von über 300 l/s pro Laufmeter auf.

Auf Basis der Forschungsergebnisse liegt das Schluckvermögen oft etwa beim drei- bis vierfachen Wert des angegebenen Literaturwertes. Demnach kann ein wesentlich grösserer Teil des Zuflusses gefasst werden. Dieser Teil des Zuflusses kann allfällig in die ökologisch vorgesehene Dotierwassermenge integriert und dadurch die Rechenbreite reduziert werden.

Simulation von Verstopfung

Ebenso wurden Klarwasserversuche durchgeführt, bei welchen am oberen und unteren Ende bzw. an den seitli-

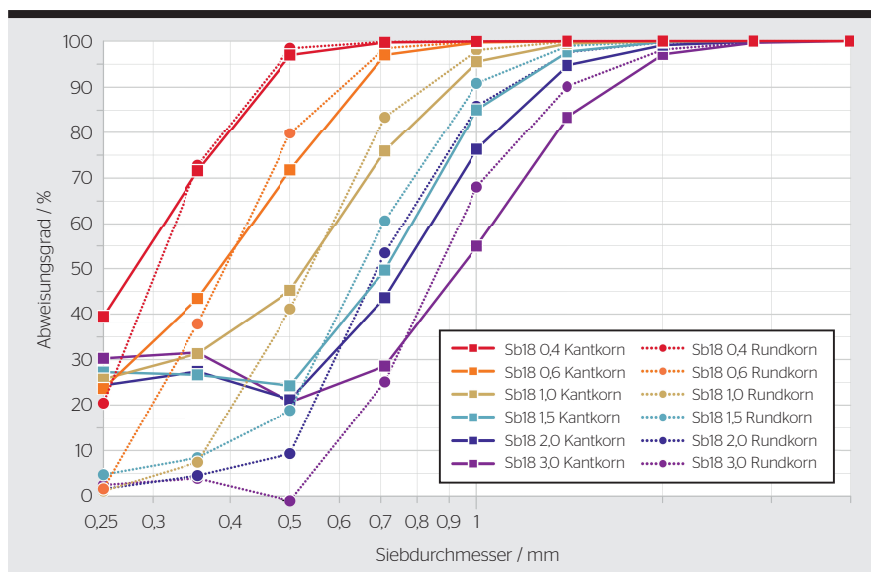


Bild 1 Abweisungscharakteristik aller Standardrechen der Wild Metal GmbH bei spezifischen Durchflüssen von 89,7 l/s pro Laufmeter für Kant- und Rundkorn.

chen Rändern des Rechens Abklebungen vorgenommen wurden. So konnte eine Verstopfung simuliert werden.

Diese Versuche erfolgten beim Standardrechen SB18 der Firma Wild Metal GmbH mit 1,0 mm Spaltweite. Die Abklebung der Rechenoberflächen erfolgte ausgehend von der Wehrkrone. Bei Abklebungen bis zu 25% konnte bei einem spezifischen Anlagendurchfluss von 269 l/s pro Laufmeter keine reduzierte Schluckfähigkeit festgestellt werden. Bei einer Abklebung von 37,5% der oberen Rechenoberfläche verliert der Rechen ca. 3% seiner Schluckfähigkeit, bei 50% ergibt sich eine Reduktion von 10%. Offensichtlich führt die Beschleunigung zur Erhöhung der spezifischen Fassungskapazität des Rechens bezogen auf die Rechenfläche.

Die Ergebnisse zur simulierten Verstopfung des Rechens sind aber mit Vorsicht zu geniessen. In der Realität beeinflusst auch die Form der Partikel das Strömungsverhalten. Eine knapp dimensionierte Anlage hat zwar tiefere Errichtungskosten zur Folge, bei Lastfällen mit einem erhöhten Abfluss (z. B. Schneeschmelze oder Starkregenereignisse) fällt allerdings auch deutlich mehr Überwasser an. Entsprechend ist eine gesamtheitliche und individuelle Betrachtung nötig.

Geschiebeversuche

Es wurden insgesamt drei standardisierte Geschiebemischungen eingesetzt, welche bereits im Vorprojekt [1]

erfolgreich zur Anwendung gekommen waren. Die Kornverteilung ist typisch für Schweizer Wildbäche.

Die beiden gebräuchlichsten Rechen von Wild Metal (Typ Sb18 0,6 und Sb18 1,0) mit 0,6 bzw. 1,0 mm Spaltweite wurden dabei der kompletten Serie unterzogen. Sie wurden bei sechs verschiedenen Durchflüssen (50 l/s – 300 l/s) mit allen drei Geschiebemischungen getestet. Die anderen Rechen wurden einem gekürzten Untersuchungsprogramm unterzogen.

Die Geschiebezugabe erfolgte direkt in die Zulaufstrecke. Das Geschiebe, welches den Rechen passierte, wurde im Geschiebefangstreck gesammelt. Dieses Material wurde für die weitere Untersuchung getrocknet und anschliessend einer Siebanalyse unterzogen.

Bei geringen Zuflüssen bis zu 260 l/s pro Laufmeter wird der Abweisungsgrad von der Konzentration des Geschiebes geringfügig beeinflusst. Die allgemein verbreitete Aussage, dass 90% der Partikel mit Durchmessern entsprechend der halben Spaltweite abgewiesen werden, konnte nicht bestätigt werden. Für die am häufigsten verwendeten Rechen der Firma Wild Metal GmbH betrug der Abweisungsgrad von Partikeln mit Durchmessern der halben Spaltweite und kantigem Korn 37–39%.

Bei Hochwasser muss man unterscheiden, ob der Abweisungsgrad bei höheren Durchflüssen oder die Abwei-

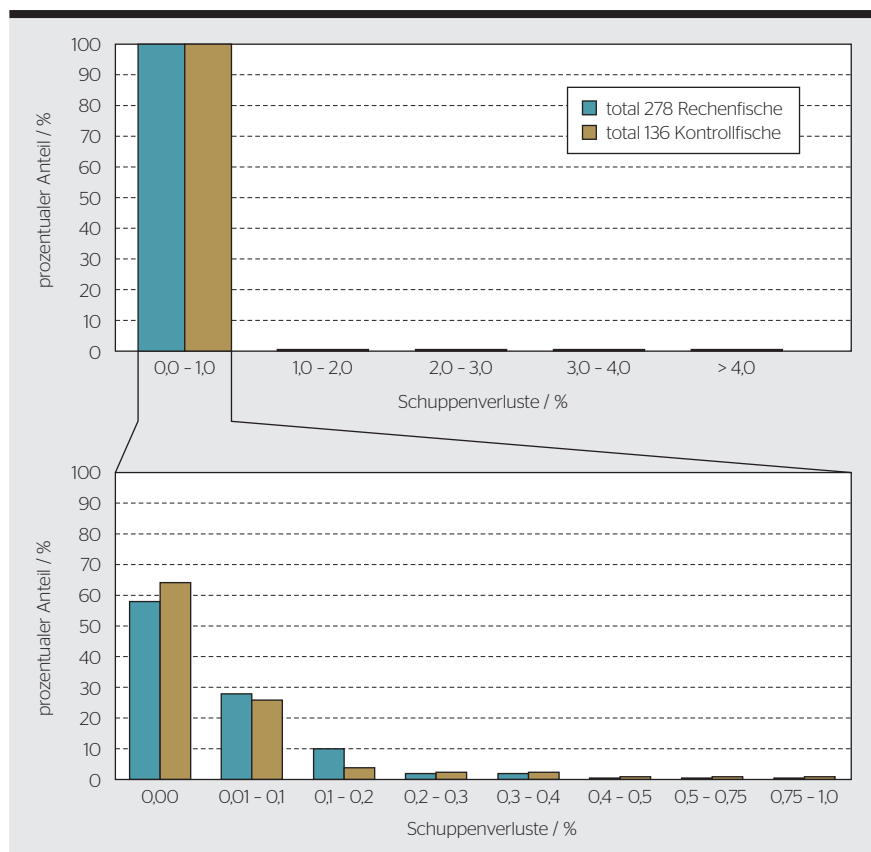


Bild 2 Gesamtheit der Schuppenverluste aller Fische bei zwei spezifischen Durchflussraten von 100 und 300 l/s pro Laufmeter bei den Standardrechen Sb18 0,6 mm und Sb18 1,0 mm.

sung von höheren Geschiebekonzentrationen betrachtet wird. Höhere Durchflüsse verbessern den Abweisungsgrad grundsätzlich, höhere Geschiebekonzentrationen hingegen verschlechtern ihn. Dieser Umstand tritt allerdings erst bei höheren Durch-

flüssen auf. Bei geringen Durchflüssen ist der Abweisungsgrad kaum von der Geschiebekonzentration abhängig.

In Bild 1 sind die Abweisungscharakteristika von Kant- und Rundkorn für die unterschiedlichen Standardrechen der Firma Wild Metal GmbH bei

moderaten spezifischen Durchflüssen von 89 l/s pro Laufmeter dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Gesteinskörnungen in der Abweisungscharakteristik sind nicht ausgeprägt.

Die Versuche des Standardrechens mit 0,6 mm Spaltweite wurden mit Untersuchungen eines baugleichen, verschlissenen Rechens ergänzt. Die Abweisungscharakteristika der beiden Rechen zeigen keine nennenswerten Unterschiede. Die Abweisungscharakteristik scheint sich also im laufenden Betrieb mit zunehmendem Verschleiss eines Coanda-Rechens nicht zu verschlechtern.

Sandfang, ja oder nein?

Feststoffe, die ins Triebwassersystem gelangen, können dort Abrasionsschäden an hydraulischen Anlagenteilen verursachen. Soll bei Mittel- und Hochdruck-Kraftwerken auf die Anordnung eines Sandfangs verzichtet werden, empfiehlt es sich aufgrund unserer Untersuchungen, eine maximale Spaltweite von 0,4 mm zu wählen. Diese neigen jedoch stärker zu Verstopfungen als die Rechen mit 0,6 mm Spaltweite und haben sich daher in den Versuchen als nicht ideal erwiesen. Das Grenzkorn für Sandfänge in der Schweiz beträgt bei Mittel- und Hochdruck-Kraftwerken (Fallhöhe > 50 m) je nach Fallhöhe rund 0,2–0,3 mm. Bei abrasivem Geschiebe und grosser Fallhöhe ist auch für eine Spaltweite von 0,4 mm ein Sandfang oder ein spülbares Absetzbecken nach dem Coanda-Rechen empfehlenswert.

RÉSUMÉ

Grille Coanda pour les poissons et l'électricité

Variante écologique des prises tyroliennes

Les grilles Coanda sont des grilles fines constituées de barres à arêtes vives disposées horizontalement. Les espacements entre les barres se situent dans une plage d'environ 0,2 à 3,0 mm, de sorte que les débris et les particules solides en suspension sont en grande partie tenus à l'écart du système d'alimentation en eau de la centrale. Il est souvent possible de renoncer à un dégrilleur, et parfois aussi à un desableur, ce qui permet de réduire considérablement les coûts de construction et d'exploitation des centrales hydroélectriques.

Malgré cela, ces dispositifs ne sont que rarement utilisés dans notre pays. Dans les milieux de l'écologie et de la pêche, les quelques grilles Coanda installées en Suisse ont

rapidement trouvé un écho favorable en tant que prises d'eau respectueuses des poissons, car la faible largeur des espacements permet de tenir les poissons à l'écart du système hydraulique. De plus, la dévalaison des poissons à la surface de la grille ne pose aucun problème s'il y a des coussins d'eau assez profonds en aval, ce qui n'est pas le cas avec la fameuse prise tyrolienne.

Les installations doivent être non seulement rentables, mais aussi conçues de manière à être aussi proches de la nature que possible et permettre la migration des poissons. Un projet de recherche a étudié la capacité d'absorption, le degré de rejet et l'éthohydraulique. Certaines idées reçues doivent être revues, d'autres ont été confirmées.

Ethohydraulische Versuche

Da Coanda-Rechen hauptsächlich an alpinen Gewässern mit der Bachforelle als Leitfischart zur Anwendung kommen, wurden die Versuche zum Fischabstieg mit wildlebenden Bachforellen aus dem Schanielabach (GR) durchgeführt. Alle Fische wurden biometrisch vermasst und mittels Pit-Tag-Markierung individuell erkennbar gemacht.

Zusätzlich zu den Fischen, welche den Coanda-Rechen passierten, wurden Kontrollfische eingesetzt. Sie durchlebten dieselbe Prozedur, stiegen aber nicht über den Coanda-Rechen ab, sondern wurden direkt in den Kolk gegeben. Vor und nach dem Versuch erfolgte die digitale Bildauswertung, sodass der prozentuale Schuppenverlust zur gesamten Oberfläche des Fisches errechnet werden konnte.

Fischgängigkeit

Die ethohydraulischen Versuche bei den getesteten Rechen mit 0,6 mm und 1,0 mm Spaltweite lassen den Schluss zu, dass keine relevanten Verletzungen beim Fischabstieg zu erwarten sind. Die Bachforellen erlitten Schuppenverluste im Bereich von maximal 1% ihrer Körperoberfläche, in den meisten Fällen jedoch sogar weit unterhalb dieses Wertes (**Bild 2**). Diese Ergebnisse treffen sowohl für einen

geringeren spezifischen Durchfluss von 100 l/s pro Laufmeter, als auch für einen hohen spezifischen Durchfluss von 300 l/s pro Laufmeter zu. Die meisten Fische wiesen keine Schuppenverluste auf. Es ist kein signifikanter Unterschied zwischen den über den Rechen abgestiegenen Fischen und den Fischen der Kontrollgruppe auszumachen. Da die Verletzungen in erster Linie von der Stabform und dem Anstellwinkel abhängen, ist davon auszugehen, dass auch ähnlich konstruierte Coanda-Rechen anderer Hersteller eine gleichwertige Fischverträglichkeit aufweisen.

Nicht untersucht wurde allerdings der Fischabstieg beim Coanda-Rechen, wenn über dem Rechen ein Schutzrechen angebracht ist. Je nach Bauart können diese eine zusätzliche Verletzungsgefahr darstellen.

Interpretation und Ausblick

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Fassungskapazität der Coanda-Rechen wesentlich höher ist als bisher angenommen.

Zudem konnte festgestellt werden, dass der Abweisungsgrad nicht so gross ist, wie bis anhin suggeriert wurde. Allerdings konnte mit dem Abkleben der Rechenfläche vom oberen Rand beginnend beobachtet werden, dass der

Abweisungsgrad mit höherer Fließgeschwindigkeit erhöht wird. Somit liegt in der Verlängerung der Beschleunigungsplatte Optimierungspotenzial bezüglich dem Abweisungsgrad.

Die Fischverträglichkeit, die dem Coanda-Rechen nachgesagt wird, konnte mit dem Projekt bestätigt werden [2]. Kein Fisch ist gestorben, Schuppenverluste waren vernachlässigbar. Es bleibt zu hoffen, dass diese neuen Erkenntnisse auch bald ihren Weg in die Praxis finden.

Referenzen

- [1] Imad Lifa et al., «Optimierung der Coanda-Rechen für Schweizer Gewässer (Phase 1)», Bericht Nr. SI/501288-01, 2016, www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=36926
- [2] Imad Lifa et al., «Optimierung von Coanda-Rechen für Wasserfassung an alpinen Gewässern (Phase 2)», Bericht Nr. SI/501288-01, 2021, www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=36926

Autoren

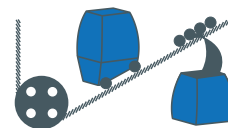
Prof. Dr. **Imad Lifa** leitet das Institut für Bauen im alpinen Raum an der Fachhochschule Graubünden.
→ FHGR, 7000 Chur
→ imad.lifa@fhgr.ch

Dr. **Seraina Braun-Badertscher** ist wissenschaftliche Projektleiterin am Institut für Bauen im alpinen Raum.
→ seraina.braun@fhgr.ch

Die Autoren danken dem Bundesamt für Energie für die Finanzierung dieses Projekts (Projektnr. SI/501288-01) und den am Projekt beteiligten Forscherinnen und Forschern: Max Witek (FHGR), Barbara Kruppenacher (FHGR), Armin Peter (FishConsulting GmbH), Claudia Beck (IUB Engineering AG), Robert Boes (ETH Zürich).

Unterwegs für die Wasserkraft

Schachtbefahrung mit mobiler Personenwinde



Von Rotz & Wiedemar AG

Von Rotz & Wiedemar AG
Industriestr. 19 – CH 6064 Kerns
Personen- und Werkseilbahnen
+41 (0)41 661 27 71
info@vonrotz-seilbahnen.ch
www.vonrotz-seilbahnen.ch