

DISS ETH Nr. 22397

**Leitrechen an Fischabstiegsanlagen:
Hydraulik und fischbiologische Effizienz**

Abhandlung zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN der ETH ZÜRICH
(Dr. sc. ETH Zürich)

Vorgelegt von

CARL ROBERT KRIEWITZ-BYUN

Dipl.-Ing. TU Berlin

geboren am

07.07.1975

von

Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Robert M. Boes

Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann

Dr. Armin Peter

Dr. Ismail Albayrak

2015

Kurzfassung

Querbauwerke in Fliessgewässern wie z.B. Flusskraftwerke können Wanderhindernisse für flussauf- oder -abwärts migrierende Fische darstellen. Aus diesem Grund werden bereits seit Jahrzehnten Anstrengungen unternommen, Wasserkraftwerke für Fische in beide Richtungen passierbar zu machen. Dieses Forschungsprojekt widmet sich der innovativen Weiterentwicklung vertikaler, schräg angeordneter Leitrechen, mit deren Hilfe stromabwärts migrierende Fische über Bypässe um grosse Wasserkraftwerke mit Ausbaudurchflüssen $>100 \text{ m}^3/\text{s}$ geführt werden sollen.

Grundlage der fischbiologischen Wirksamkeit von Leitrechen ist die schräge Orientierung von Rechenachse und Rechenstäben zur Anströmung. Diese Anordnung verursacht zum einen Störungen des Abflusses, die von Fischen gemieden werden sollen, und produziert zum anderen eine rechenparallele Leitströmung, die zur aktiven Verdriftung der Fische in einen Bypass führen kann.

Bisher unterscheidet man zwei Leitrechensysteme. *Louver* sind durch die orthogonale Ausrichtung der Rechenstäbe zur Anströmung charakterisiert, während bei *Bar Racks* der Winkel zwischen Rechenachse und Stab mit 90° vorgegeben ist. Untersuchungen zeigen, dass die Leiteffizienz der Systeme zunimmt, wenn spitze Einbauwinkel verwendet werden. In diesem Fall aber besitzen beide Leitrechensysteme ähnlich ungünstige hydraulische Eigenschaften, da bei *Bar Racks* die Schrägstellung der Rechenstäbe mit spitzem Rechenwinkel zunimmt.

Die vorliegende Arbeit basiert auf der Forschungsidee, durch die unabhängige Variation von Rechen- und Stabausrichtung Leitrechen so weiterzuentwickeln, dass ihr Einsatz an grossen Wasserkraftwerken wegen verbesserter hydraulischer Eigenschaften zu optimalen Ergebnissen führt und dabei zugleich die stromabwärts migrierenden Fische über Bypässe um diese Wasserkraftwerke geführt werden.

Dazu wurden bekannte und neu entworfene Leitrechenvarianten an drei physikalischen Modellen im Labor der VAW untersucht. Im ersten Schritt wurden die lokalen Energieverluste und Strömungsfelder in einem Detailmodell im Massstab 1:2 bestimmt. In ethohydraulischen Versuchen mit Lebendfischen erfolgte anschliessend die Überprüfung der Leitwirkung für typische mitteleuropäische Arten. Schliesslich wurden in einem Modell im Massstab 1:35 die Auswirkungen von Leitrechen auf den Kraftwerksbetrieb und die Turbinenanströmung analysiert.

Abstract

Man-made structures like hydro power plants (HPP) can hinder the up- and downstream migration of fish in river systems. Since decades research efforts are therefore being made to make HPPs passable for fish in both directions. This research project specifically is dedicated to the innovative advancement of oriented behavioural fish guidance screens to aid downstream fish migrating for a broad range of species at large HPPs with design discharges $>100 \text{ m}^3/\text{s}$ for which only a limited number of highly specialized solutions exist yet. Basis of the biological effectiveness of fish guidance screens is both the oblique orientation of the screen axis and the screen slats in regard to the main flow direction. On the one hand this arrangement generates flow disturbances that are supposed to cause behavioural avoidance of fish and on the other hand a flow component parallel to the screen is produced, which can actively drift fish towards alternative bypass options.

To date two distinct oriented behavioural guidance screen systems are used. *Louvers* are characterized by slats which are set orthogonally to the main flow direction independent of the screen orientation, while *Bar Racks* feature slats that are always perpendicular to the screen axis. Research results have shown that the guidance efficiency of such systems increases with decreasing screen angles. In this case, however, both screen variants possess similarly adverse hydraulic properties, because the slat inclination of *Bar Rack* systems increases to almost the same level as is present at *Louvers*.

The present study is therefore based on the research idea to enhance guidance screen properties by independently varying the screen and the slat orientation. The goal is to identify configurations with hydraulic properties that are not prohibitive for the use at large HPPs while ethologically allowing for the safe and undelayed passage of a wide range of fish species.

For that reason established as well as newly designed guidance screen variants were tested at three physical models at the laboratory of VAW. In a first step the local hydraulic losses and the flow field near guidance screens were determined in a detailed model scaled 1:2. Subsequently, ethohydraulic tests scaled 1:1 with live fish were conducted to quantify the guidance efficiency for typical European fish species. Finally, a general HPP model with a scale of 1:35 was employed to analyse the impacts of guidance screens on power production and plant operation.