

Fischverträgliche Kraftwerksgestaltung mit drehzahlvariablen Propellerturbinen

Beim Bau und bei der Modernisierung von Wasserkraftanlagen muss insbesondere die Fischverträglichkeit Beachtung finden. Flussaufwärts und flussabwärts migrierende Lebewesen sollen die Möglichkeit haben, die Kraftwerke sicher zu passieren. Dabei spielt in erster Linie die ökologische Gestaltung der Kraftwerksperipherie eine Rolle.

Manuela Winbeck und Christian Winkler

Für den Fischaufstieg gibt es bewährte und innovative Konzepte. Charakteristisch ist, dass der Fischaufstieg immer am Kraftwerk vorbei stattfindet. Der Fischschutz und Fischabstieg bringt hingegen größere Herausforderungen mit sich und kann grundsätzlich entweder am Kraftwerk vorbei oder durch das Kraftwerk hindurch stattfinden. Ziel der ökologischen Kraftwerksgestaltung ist es, flussabwärts migrierende Lebewesen sicher ins Unterwasser zu leiten. Ein Feinrechen mit Bypasseinrichtungen ermöglicht einen sicheren Abstieg und verhindert, dass ein Großteil der Lebewesen in die Turbinen gerät. Um jedoch auch die Lebewesen zu schützen, die trotz des Feinrechens in die Turbinenkammer geraten, kann eine fischverträgliche Turbine hilfreich sein.

Kriterien für fischverträgliche Turbinen

Auf Basis von zahlreichen Freilandstudien an Kaplan-Turbinen haben sich Kriterien zur Charakterisierung von fischverträglichen Turbinen etabliert. Wichtig ist beispielsweise eine sehr geringe Anzahl von Spalten, in denen sich Fische einklemmen können. Die Anzahl, Ausrichtung und der Abstand der Laufradschaufeln beeinflussen die Kollisionswahrscheinlichkeit des Fisches mit rotierenden Teilen. Je mehr Laufradschaufeln desto höher ist die Kollisionswahrscheinlichkeit. Wenn die Laufradschaufeln sich bei Kaplan-Turbinen im Teillastbereich schließen, steigt die Wahrscheinlichkeit für den Fisch, mit diesen zu kollidieren.

Kompakt

- Erste Freilandstudie zur Fischmortalität an einer drehzahlvariablen Propellerturbine durchgeführt.
- Turbinenbedingte Fischmortalität an drehzahlvariablen Propellerturbinen äußerst gering.
- In Kombination mit einem Leitrechensystem lässt sich ein effizientes und ökologisch verträgliches Wasserkraftwerk realisieren.

Die Drehzahl spielt selbstverständlich auch eine Rolle. Sie beeinflusst die Kollisionsgeschwindigkeit und -wahrscheinlichkeit und führt an der Grenzfläche zum feststehenden Turbinenkessel zu Scherspannungen.

Bei doppelt regulierten Kaplan-Turbinen erfolgt die Anpassung an unterschiedliche Durchflüsse über das Öffnen und Schließen der Leitschaufeln und der Laufradschaufeln. Die Rotationsgeschwindigkeit bleibt über dem gesamten Lastbereich gleich. Je weniger Wasser vorhanden ist, desto mehr schließen die Leit- und Laufradschaufeln.

Bei doppelt regulierten, drehzahlvariablen Propellerturbinen erfolgt die Anpassung an unterschiedliche Durchflüsse ebenfalls über Öffnen und Schließen des Leitapparats. Die zweite Regulierung erfolgt über die Drehzahl. Bei vollem Durchfluss ist die Drehzahl maximal und wird proportional zum Durchfluss abgesenkt. Die Laufradschaufeln sind fest mit der Welle verbun-



Bild 1: Kraftwerk Crampagna: a) generelle Anordnung, b) Versuchsaufbau bei den Freilandversuchen zur Fischverträglichkeit an der Dive-Turbine im Juni 2016, Unterwasseransicht (Quelle: Dive Turbinen GmbH und Co. KG)

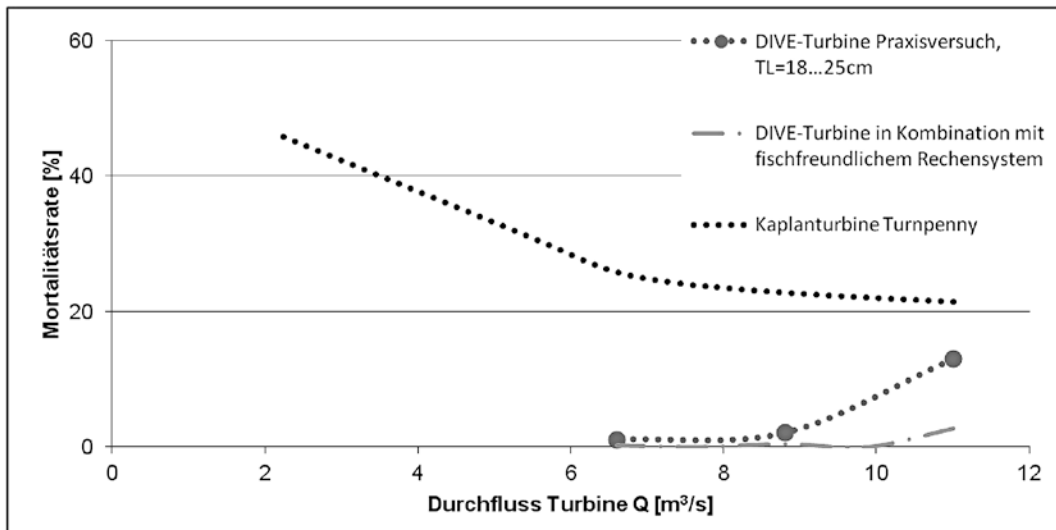


Bild 3: Vergleich der Mortalitätsraten für eine drehzahlvariable Dive-Turbine und eine drehzahlfeste Kaplan-Turbine bei gleichen geometrischen Abmessungen und gleicher Anzahl an Laufradschaufeln (n = 5, Berechnungsmodell „Turnpenny“, Fischgröße TL = 21,5 cm) (Quelle: Dive Turbinen GmbH und Co. KG)

den, wodurch zwischen Nabe und Laufradschaufeln keine Spalte vorhanden sind. Der Spalt zwischen den Laufradschaufeln und dem feststehenden Turbinenkessel kann minimal gehalten werden, da kein Raum für das Drehen der Schaufeln vorgehalten werden muss. Durch die abnehmende Drehgeschwindigkeit im Teillastbereich sinkt bei drehzahlvariablen Turbinen auch die Kollisionsgeschwindigkeit und -wahrscheinlichkeit proportional mit der Drehzahl.

Erste Freilandstudie an einer drehzahlvariablen Propellerturbine

Da empirische Studien zur Fischverträglichkeit bislang nur an drehzahlfesten Kaplan-Turbinen durchgeführt worden waren, wurden im Juni 2016 erste Freilandversuche an einer drehzahlvariablen Dive-Turbine unternommen. An der in Frankreich installierten Turbine mit einem Laufraddurchmesser von 1 600 mm wurde die Mortalität von Regenbogenforellen bei drei unterschiedlichen Drehzahlen getestet (**Bild 1a**). Die Regenbogenforellen wurden in der Größe von stromabwärts migrierenden Lachssmolts gewählt, die einen Feinrechen von bis zu 25 mm Stababstand passieren können. Bei Drehzahlen von 250 min⁻¹, 200 min⁻¹ und 150 min⁻¹ wurden je 100 Forellen direkt in den Leitapparat der Turbine eingesetzt. Hinter dem Saugrohr wurden diese in einem Hamen gesammelt und in ein Hälterungsbecken gebracht, in dem sie durch einen Tierarzt untersucht wurden (**Bild 1b**). Anschließend wurden die Tiere unter Aufsicht von Fischereibehörden und Tierarzt 48 Stunden gehältert, um auch potenzielle Langzeitschäden feststellen zu können.

Als Ergebnis wurde eine Turbinenmortalität von 15 % bei Volllast sowie 2 % bei 80 % Last und 1 % bei 60 % Last festgestellt. Die niedrige Mortalität lässt sich auf die oben erwähnten Eigenschaften wie weitest gehende Spaltfreiheit und niedrige Kollisionsgeschwindigkeiten der drehzahlvariablen Turbine zurückführen. Erwähnenswert ist, dass die Turbine an der die Tests durchgeführt wurden, 5 Laufradschaufeln hat, womit zu erwarten ist, dass die Mortalität bei Turbinen mit weniger Laufradschaufeln noch reduziert werden kann. Aufgrund der festen

Verbindung der Nabe mit den Laufradschaufeln ist eine Reduktion der Schaufelanzahl des Laufrads mechanisch einfach zu realisieren (**Bild 1b**).

In Kombination mit einem effizienten Feinrechen-Leitsystem lässt sich die Jahresmortalität des gesamten Kraftwerks damit voraussichtlich auf unter 1,5 % absenken (**Bild 2**). Während die Mortalität bei der Kaplan-Turbine mit sinkendem Durchfluss ansteigt, sinkt diese bei der drehzahlvariablen Turbine deutlich ab. Da nur ein geringer Teil der Fische überhaupt über die Turbinenkammer absteigt, ist die Gesamtmortalität des Kraftwerks noch erheblich niedriger, vor allem in Kombination der fischverträglichen Turbine mit einem Leitrechen-Bypass-System.

Fazit

Die ersten empirischen Ergebnisse an einer drehzahlvariablen Propellerturbine liefern den Nachweis, dass die turbinenbedingte Fischmortalität im gesamten Lastbereich äußerst gering ist. Auch bei Volllast ist eine deutlich geringere Mortalität im Vergleich zu einer Kaplan-Turbine der gleichen Baugröße festgestellt worden. In Kombination einer drehzahlvariablen Turbine mit einem Leitrechen-System lässt sich somit offensichtlich ein effizientes und ökologisch verträgliches Wasserkraftwerk realisieren.

Autoren

Dipl.-Ing. Manuela Winbeck
Dipl.-Wi.-Ing. Christian Winkler
 Dive Turbinen GmbH und Co.KG
 Am Grundlosen Brunnen 2
 63916 Amorbach
 Winbeck@dive-turbine.de