

---

## Strömungsstruktur im Unterwasser von Niederdruckwasserkraftanlagen an Bundeswasserstraßen

Auftraggeber: Bundesanstalt für Wasserbau  
Projektleitung: Dr.-Ing. Wilfried Knapp  
Bearbeitung: Sebastian Roenneberg  
Beginn: August / September 2012  
Zeitraum: ca. 3 Jahre

---

### Problemstellung

Die Bundesanstalt für Wasserbau hat den Lehrstuhl für Wasserbau der Technischen Universität München beauftragt am Niederdruckturbinenversuchsstand des Dieter-Thoma-Labors Erkenntnisse über die Strömungen im Unterwasser von Wasserkraftanlagen zu ermitteln. Hierbei sollen insbesondere die Geschwindigkeits-, sowie Turbulenz- und Wirbelfelder im Bereich nach dem Saugrohraustritt untersucht werden. Dazu sind eine geeignete Messtechnik zu bestimmen, sowie ein Turbinenversuchsstand mit einer Kaplan-Halbspiral-Turbine aufzubauen, an dem die entsprechende Turbinenabströmung aufgenommen werden kann. Dieser soll in mehreren zu definierenden Versuchsreihen bei unterschiedlichen Randbedingungen betrieben werden, um so den Einfluss festzulegender baulicher oder maschinentechnischer Parameter auf die Ausbildung der Geschwindigkeits- und Wirbelstrukturen im Unterwasser einerseits und den hydraulischen Wirkungsgrad der Anlage andererseits qualitativ erfassen zu können. Die dabei gewonnenen Messdaten (Geschwindigkeitsverteilungen) bilden zudem die Grundlage für die Validierung von numerischen Simulationen.

### Hintergrund

An den großen bundesdeutschen Wasserstraßen sind Stand 2012 insgesamt 351 Staustufen gelistet [BfG und BAW, 2012]. Diese Querbauwerke stellen für aufwanderwillige Fische und Zoobenthos auf dem Weg in ihre Reproduktions-, Nahrungs- oder Überwinterungshabitats eine unnatürliche Barriere dar, welche in den wenigsten Fällen auf Grund einer beispielsweise sehr geringen Absturzhöhe von diesen aus eigener Kraft überwunden werden kann [Adam et al., 2010]. Um den Tieren

eine Möglichkeit zu bieten dennoch in die oberhalb der Staustufe liegenden Gewässerbereiche gelangen zu können, werden an Querbauwerken Fischaufstiegsanlagen installiert, welche auf Grund ihrer konstruktiven und hydraulischen Ausbildung so beschaffen sein müssen, dass sie von aufstiegswilligen Lebewesen erfolgreich durchwandert werden können.

Die Europäische Union hat mit der Richtlinie 2000/60/EG im Jahr 2000 – welche über das Wasserhaushaltsgesetz in deutsches Recht übertragen wurde – die Forderung an seine Mitgliedsstaaten gestellt, dass diese alle Oberflächenwasserkörper schützen, verbessern und sanieren müssen,

*„[...] mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie [...], vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen [...] einen guten Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen [...]“<sup>1</sup>*

Dabei verlangt ein „guter ökologischer Zustand“ der Oberflächengewässer von den Werten für die biologischen Qualitätskomponenten, dass diese „nur geringe anthropogene Abweichungen“ anzeigen, welche nur geringfügig von den Werten abweichen, „die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen“<sup>2</sup>.

Auf die Durchgängigkeit der Flüsse bezogen, bedeutet dies, dass Bedingungen hergestellt werden müssen „unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können“.<sup>3</sup> Hierzu ist es notwendig an allen Stellen in Flüssen, an denen Hindernisse für wandernde Arten vorhanden sind, geeignete Maßnahmen zu treffen, um Fischen und Zoobenthos Möglichkeiten zur Verfügung zu stellen, diese Stellen zügig und gefahrenlos überwinden zu können. An Standorten an denen ein Rückbau vorhandener Querbauwerke nicht möglich ist, sind entsprechende Aufstiegshilfen, wie beispielsweise Fischtreppe, zu installieren und für deren Wirksamkeit und Wartung Sorge zu tragen.

An ca. 256 der vorhandenen Staustufen an Bundeswasserstraßen ist dringender Bedarf an entweder aufwändigen Wartungs- und Umbaumaßnahmen oder einer vollständigen Neuerrichtung einer Fischaufstiegsanlage [BfG und BAW, 2012] vorhanden, um die bis spätestens 2027 geforderte Durchgängigkeit herzustellen. Dabei setzt sich die Funktionalität solcher Anlage aus den Teilaspekten Auffindbarkeit und Passierbarkeit zusammen [Adam et al., 2010] und muss an mindestens 300 Tagen

---

<sup>1</sup> Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates in der Fassung vom 23. Oktober 2000, Artikel 4, Absatz 1

<sup>2</sup> Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates in der Fassung vom 23. Oktober 2000, Anhang V, Tabelle 1.2

<sup>3</sup> Vgl. die Nachweise zum vorangegangenen Absatz.

im Jahr erreicht werden – ausgenommen sind jeweils 30 Tage mit extremem Niedrigwasser  $\leq Q_{30}$  bzw. Hochwasser  $\geq Q_{330}$ .

## Fragestellungen und Ziele

Mit Hilfe der beauftragten Untersuchungen soll die Grundlage für eine im Sinne der Fischwanderung positiv beeinflusste Strömungsstruktur im Unterwasser von Wasserkraftanlagen an den Staustufen der Bundeswasserstraßen geschaffen werden. Damit wird insbesondere auf die Verbesserung der Auffindbarkeit vorhandener bzw. zu planender Aufstiegshilfen abgezielt. Die Erkenntnisse aus dem Projekt sollen somit dazu dienen zum einen den Einfluss der Strömungsmaschinen auf den Unterwasserbereich der Staustufen zu bestimmen, zum anderen aber auch die Wechselwirkung zwischen der durch den Turbinenbetrieb charakterisierten Hauptströmung und der dazu konkurrierenden Abströmung aus der Fischaufstiegsanlage untersuchen. Diese trägt als sogenannte „Leitströmung“ maßgeblich zum Auffinden der Anlagen bei.

Daneben soll insbesondere der Einfluss auf den Betrieb der Wasserkraftanlagen – speziell auf den Wirkungsgrad der Turbinen – bei denkbaren Änderungen in Bereich der Unterwasserströmungsstruktur untersucht werden.

Das erklärte Ziel der Projektpartner ist es hierbei im Unterwasser „Win-Win“- bzw. „Win-No Lose“-Situationen zu schaffen, in denen ein Vorteil für die Auffindbarkeit der Einstiegsbereiche bei gleichzeitigem positiven oder mindestens neutralem Einfluss auf den Betrieb der Wasserkraftanlagen entsteht.

In einer umfangreichen Vorstudie werden die Wasserkraftanlagen an Bundeswasserstraßen auf anlagen- und turbinenspezifische Parameter abgefragt, um einerseits eine Kategorisierung der großen Menge an Anlagen zu ermöglichen und andererseits die Modellversuche entsprechend präzise planen und durchführen zu können.

Über die Modellversuche sollen Erkenntnisse über Geschwindigkeitsverteilungen, sowie Wirbel- und Turbulenzverhalten bei unterschiedlichen Rand- und Betriebsbedingungen gewonnen werden, welche zu einem späteren Zeitpunkt an ausgewählten ausgeführten Anlagen verifiziert werden sollen.

Daraus ergeben sich mehrere Frage- bzw. Zielstellungen, welche durch das Projekt beantwortet bzw. bearbeitet werden sollen:

1. Schaffen einer Datenbank, welche eine Einordnung der vorhandenen energetisch genutzten Staustufen auf Grund ihrer wasserkraftspezifischen Attribute ermöglicht
2. Klassifizierung der vorhandenen Staustufen mit Wasserkraftnutzung an Bundeswasserstraßen

3. Ableiten von Versuchsanordnungen bzw. zu untersuchender Parameter im Laborversuch
4. Schaffen von Wissen über die Struktur der Strömung im Unterwasser von Niederdruckanlagen – insbesondere die dort anzutreffenden Geschwindigkeits- und Turbulenzverteilungen
5. Technische Möglichkeiten zur Beeinflussung der Unterwasserströmungen, erzielbare Veränderungen und Auswirkungen auf den Kraftwerksbetrieb
6. Zusammenhänge und Wechselwirkung zwischen turbinentypischen Parametern und der Strömungsstruktur im Unterwasser, sowie
7. Aussagen über die Konkurrenz von Saugrohrabströmung und Leitströmung der Fischaufstiegsanlage und
8. Gewinnen von Daten für Kalibrierungsrechnungen von Ein- und Mehrmaschinenanlagen im Labor bzw. an ausgewählten Anlagen

## Ergebnisse

Erste Ergebnisse der Vorstudie (Punkte 1 – 3) sind gegen Ende 2013 zu erwarten, die ersten Versuchsreihen sollen Anfang 2014 abgeschlossen werden.

## Quellen

Adam, B., Bosse, R., und Dumont, U. (2010). Merkblatt DWA-M 509 - Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.

BfG und BAW (2012). BfG-Datenbank zur Kategorisierung der Staustufen an den Bundeswasserstraßen. Bundesanstalt für Gewässerkunde.

Bundesregierung Deutschland (2009). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts.

Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2000). EU Wasserrahmenrichtlinie. Fassung vom 23. Oktober 2000.

## Kontakt

Dipl.-Ing. Sebastian Roenneberg

Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft – Dieter-Thoma-Labor

Arcisstraße 21

80333 München

Tel.: +49-(0)89/289-23806

Fax.: +49-(0)89/289-23805

E-Mail: [sebastian.roenneberg@tum.de](mailto:sebastian.roenneberg@tum.de)

Internet: [www.wb.bgu.tum.de](http://www.wb.bgu.tum.de)