



**Diplomand** Studer Nicolas  
**Dozent** Dr. Deniz Sabri  
**Projektpartner** Institut IME, CC Fluidmechanik und numerische Methoden  
**Experte** Dr. Schlienger Joel  
**Themengebiet** Energien, Fluide und Prozesse

## Strömungssichtbarmachung der Instabilität (Wirbelzopf) am Saugrohr einer Hydro-Turbine und Unterdrückung der Instabilität mit Fluid-Injektion

### Ausgangslage

Bei Reaktionsturbinen wie Francis- oder Kaplan-Turbinen werden Saugrohre verwendet, um kinetische Energie in Druck umzuwandeln, und so Energie zurückzugewinnen. Im Teillastbetrieb können jedoch Wirbelzöpfe (Abb. 1) an den Saugrohren auftreten, die zu Strömungsinstabilitäten und Resonanzen führen. Diese Instabilitäten verursachen Schwankungen und Schwingungen in der Anlage.

Die Forschung untersucht die Unterdrückung dieser Wirbelzöpfe durch Wasserinjektion ins Saugrohr. Strömungsvisualisierungen und detaillierte Analysen zeigen die Effekte der Wasserinjektion bei verschiedenen Betriebspunkten der Turbine.

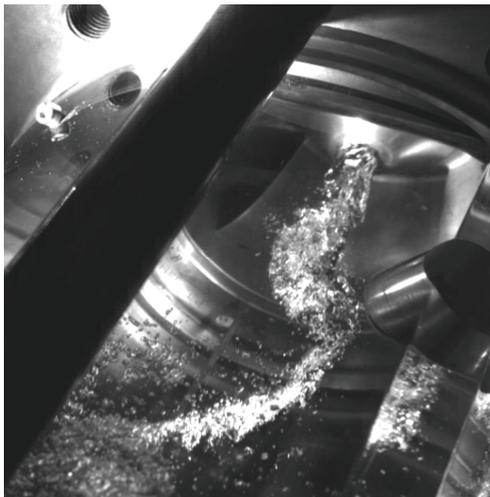


Abb. 1: Wirbelzopf im Saugrohr der Modell-Pumpturbine am Prüfstand der Hochschule Luzern

### Vorgehen

In dieser Arbeit wurden experimentelle Methoden genutzt, um die Strömungsinstabilitäten in Hydro-Turbinen zu analysieren und zu unterdrücken. Die folgenden Punkte umfassen die Hauptaufgaben dieser Arbeit:

- Literaturrecherche und Analyse bisheriger experimenteller und numerischer Untersuchungen auf diesem Gebiet;
- Durchführung von Messungen zur Kennfeldbestimmung der Hydro-Turbine sowohl im Teillast- als auch im Überlastbetrieb;
- Implementierung der Strömungsvisualisierung am Saugrohr für verschiedene Betriebspunkte der Wasserturbine;
- Anwendung von Fluidinjektion am Saugrohr zur Zerstörung des Wirbelzopfes (Abb. 2);
- Darstellung und Analyse der Ergebnisse der Strömungsvisualisierung und der Fluidinjektion.

### Ergebnis

Bei den meisten Betriebspunkten war der Wirbelzopf mit Fluidinjektion optisch nicht mehr erkennbar (Abb. 2).

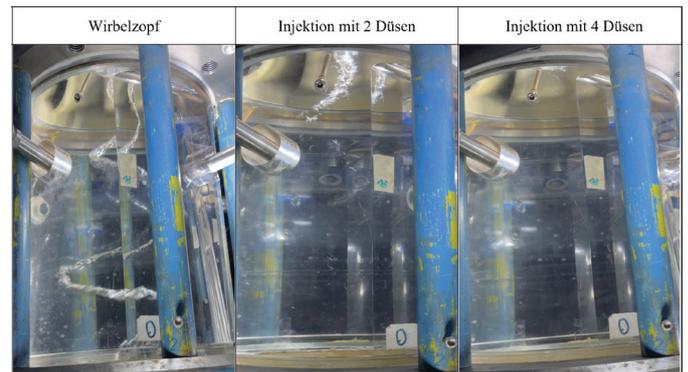


Abb. 2: Optischer Einfluss der Wasserinjektion, bei der Wasser direkt durch die Saugrohrwand eingespritzt wird

Trotzdem konnte die seitliche Wasserinjektion ins Saugrohr die Wirbelbildung nicht unterdrücken oder reduzieren, wie aus den FFT-Daten hervorgeht. Die ausgeprägten Peaks der ersten und zweiten harmonischen Frequenz, welche in den Wirbelzonen auftreten und auf das Vorhandensein von Wirbelbildung hinweisen, blieben unbeeinflusst von der Fluidinjektion (Abb. 3).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die angewandte Wasserinjektion, bei der Wasser direkt durch die Saugrohrwand eingespritzt wird nicht effektiv war, um die Wirbelzopfbildung zu kontrollieren oder zu unterdrücken. Die Literatur legt nahe, dass sich die Fluidinjektion von der Nabe des Laufrades aus als wirksamer erwiesen hat. Durch dieses Verfahren könnte der Kern des Wirbelzopfes effektiver unterdrückt werden.

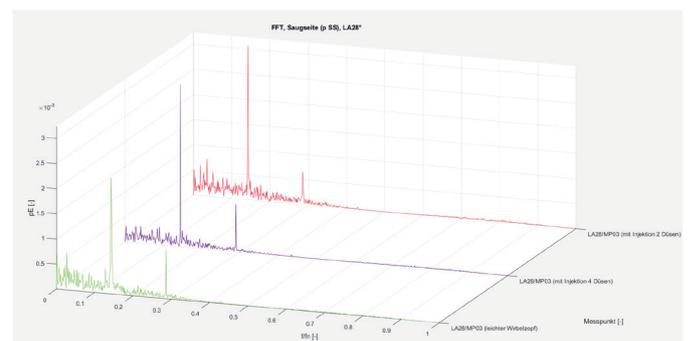


Abb. 3: Vergleich einer Wirbelzone im Saugrohr einer Pumpurbine ohne Injektion (grün), mit Injektion von 4 Düsen (violett) und mit Injektion von 2 Düsen (rot)