

## Pumpspeicherwerk Limmern – Hydraulische Modellversuche der Ein- und Auslaufbauwerke, Oberbecken Muttsee 2007/2008

Michael Müller, Giovanni De Cesare

Auftraggeber: Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL)

### Einleitung

Die heutigen Anlagen der Kraftwerke Linth-Limmern weisen eine installierte Leistung von 340 MW auf. Das Ausbauprojekt Linthal 2015 KW Limmern (Abbildung 1) sieht ein neues, unterirdisch angelegtes Pumpspeicherwerk vor, welches Wasser aus dem Limmernsee in den 630 Meter höher gelegenen Muttsee pumpen und bei Bedarf wieder zur Stromproduktion nutzen kann. Das neue Werk soll eine Leistung von 1000 Megawatt aufweisen.

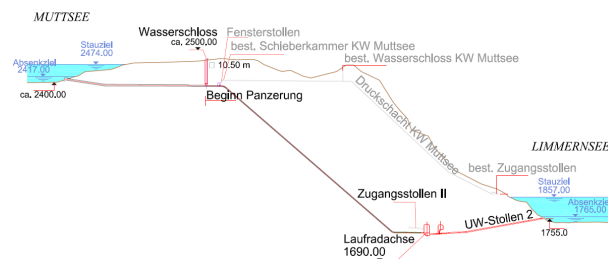


Abbildung 1: Längenprofil der Anlage KW Limmern

### Projektziele

Zu besagtem Ausbauprojekt gehören insbesondere die ober- (Muttsee) und unterwasserseitigen (Limmernsee) Ein- und Auslaufbauwerke. Die optimale Lage, Ausrichtung, Ausbildung und Betrieb dieser Bauwerke wurde mit hydraulischen Modellversuchen überprüft. Dazu wurden folgende Aspekte analysiert:

- Funktionsfähigkeit der Bauwerke, allfällige Zusatzbauwerke zur Reduktion der Wirbelbildung
- Ein- und Auslaufbedingungen, Druckverluste
- Qualitative Untersuchungen bezüglich Ablagerungen, Aufwirbelung und Einzug von Sedimenten
- Untersuchungen bezüglich Eisbildung/Eisabwehr

### Physikalisches Modell

Der Modellperimeter des Ein- und Auslaufbauwerkes Muttsee wurde so gewählt, dass die wesentlichen Einflüsse der Topographie auf die Strömungsverhältnisse berücksichtigt werden können und die Modellbegrenzung zu keinen wesentlichen Beeinflussungen führt.

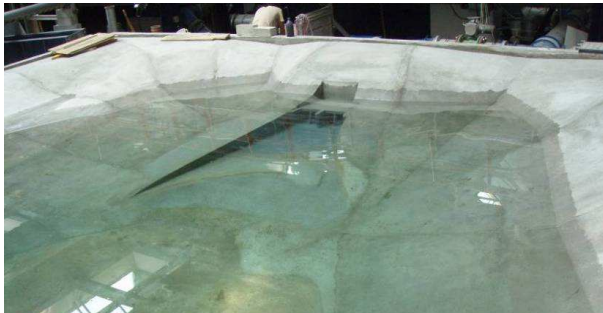


Abbildung 2: Hydraulisches Modell des Einlaufbauwerkes

Mit einem Massstab von 1:42 (Abbildung 2) kann die Wirbelbildung einwandfrei nachgebildet und das Luftpneuzugspotential (Wirbel mit Luftkern) korrekt ermittelt werden.

### Resultate und Vorschläge

Die Resultate der Modellversuche erlaubten, folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

**Wirbelbildung:** Die Wirbelbildung über dem Einlauf kann mit einem Querträger über dem Bauwerk reduziert werden (Abbildung 3). Dieser wirkt zum einen als direktes Hindernis für die Wirbel und zum andern als Injektor. Die optimale Wirkung des Trägers ist von seiner Grösse und seiner Position über der Fassung abhängig.

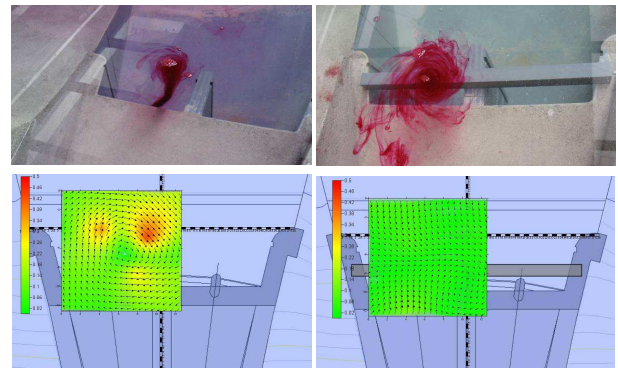


Abbildung 3: Wirbelbildung über dem Einlaufbauwerk (Photos und 2D-Ultraschallmessungen)  
a) ohne Querträger, b) mit Querträger zur Wirbelreduktion

**Ein- und Auslaufbedingungen:** Die gleichmässige Verteilung der Strömung im Turbinierbetrieb, die tiefen Ein- und Austrittsgeschwindigkeiten, sowie die relativ geringen Druckverluste zeugen von einer guten hydrodynamischen Formgebung der Fassung Muttsee.

**Sedimenttransport:** Im Turbinierbetrieb werden nur sehr kleine Korngrössen erodiert und dies nur in unmittelbarer Nähe zum Rechen. Im Pumpbetrieb werden die Sedimente auf der Schwelle unmittelbar vor dem Rechen nahezu gänzlich erodiert und in Richtung See transportiert. Demzufolge sollten im normalen Betrieb mit abwechselnden Turbinier- und Pumpsequenzen kaum Feinsedimente eingezogen werden.

**Eisbildung und Eisabwehr:** Eine minimale Überdeckung, sowie die Überwachung der Eisschicht über dem Bauwerk sind nötig, um bei Bildung einer Eisschicht eine Verlegung des Rechens durch Eisplatten zu verhindern. Dem Risiko einer Eisnadelbildung („Frazil Ice“) und deren Festsetzung auf dem Rechen kann mit betrieblichen und baulichen Massnahmen entgegnet werden.

**Numerische Berechnungen:** Parallel zu den Versuchen auf dem physikalischen Modell wurden mit dem CFD-Solver FLOW-3D® numerische Simulationen durchgeführt. So konnten die Ein- und Auslaufbedingungen, sowie die im hydraulischen Modell beobachteten Wirbelbildungen überprüft und bestätigt werden.