



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

**Zwischenbericht** 26. Dezember 2009

---

# **Lufteintragsrate in Drucksysteme von Wasserkraftanlagen infolge Einlaufwirbel**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Wasserkraft  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

swisselectric research  
Seilerstrasse 3  
Postfach 7950  
CH-3001 Bern

**Auftragnehmer:**

ETH Zürich  
Versuchsanstalt für Wasserbau,  
Hydrologie und Glaziologie (VAW)  
Gloriastrasse 37/39  
CH-8092 Zürich  
[www.vaw.ethz.ch/](http://www.vaw.ethz.ch/)

**Autoren:**

Prof. Dr. Robert Boes, VAW, [boes@vaw.baug.ethz.ch](mailto:boes@vaw.baug.ethz.ch)  
Dr. Michael Pfister, VAW, [pfister@vaw.baug.ethz.ch](mailto:pfister@vaw.baug.ethz.ch)  
Georg Möller, VAW, [moeller@vaw.baug.ethz.ch](mailto:moeller@vaw.baug.ethz.ch)

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser

**BFE-Programmleiter:** Dr. Klaus Jorde

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** 154207 / 103191

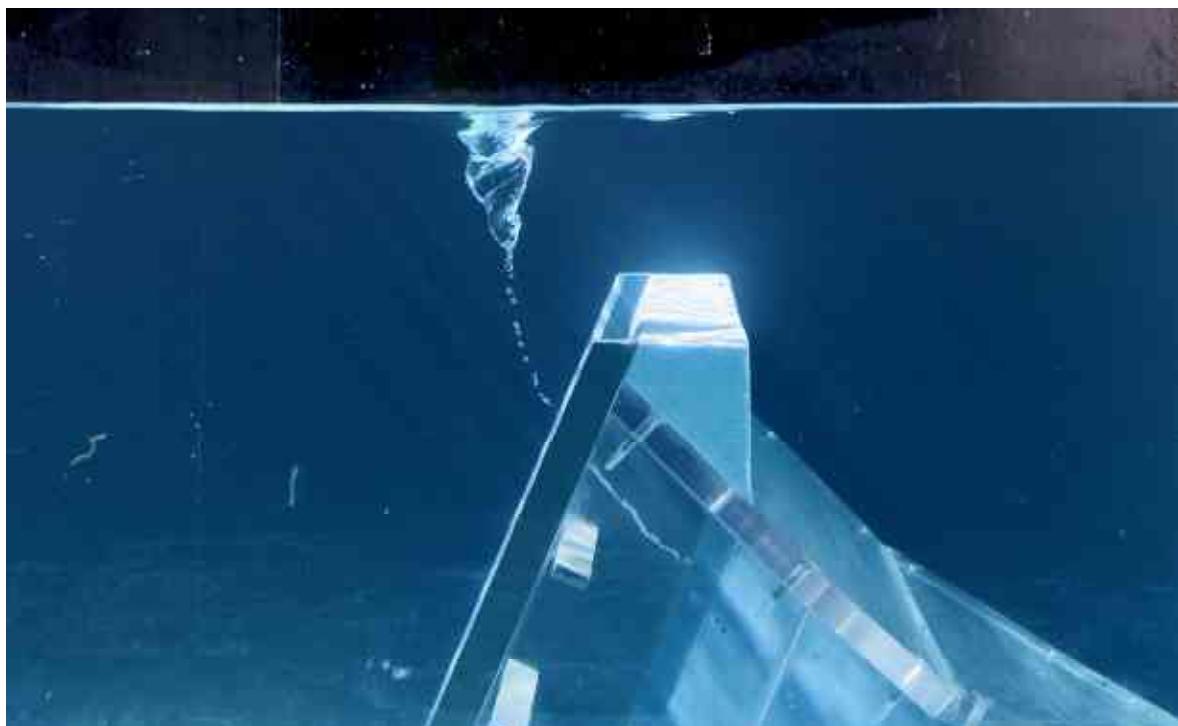
Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

# Zusammenfassung

Das vorliegende Forschungsprojekt hat zum Ziel, die Lufteintragsrate in Drucksysteme von Wasserkraftanlagen infolge von Einlaufwirbeln mit Hilfe eines grossmassstäblichen hydraulischen Modells zu untersuchen. Ende 2009 wurde die entsprechende Zusammenarbeit zwischen dem BfE und der VAW fixiert. Aufgrund des frühen Berichtszeitpunkts werden zum jetzigen Zeitpunkt Vorbereitungsarbeiten ausgeführt, so dass noch keine konkreten Zwischenergebnisse vorliegen.

# Projektziele

Der steigende Energiebedarf im Allgemeinen und die verstärkte Nachfrage nach Regelenergie im Besonderen bedingen aktuell und in Zukunft eine intensive Nutzung der (Pumpspeicher-) Wasserkraft. Gleichzeitig ist die Realisierung neuer Projekte in der Schweiz kaum mehr möglich, um die gesteigerte Nachfrage zu decken. Es steht daher primär eine optimierte und intensivere Nutzung bestehender Anlagen im Vordergrund, was u. U. zu ungünstigen Betriebszuständen mit hohen Geschwindigkeiten in der Anströmung von Triebwassereinläufen und damit vermehrt zur Wirbelbildung führt. Bisher werden diese Zustände meist durch Betriebseinschränkungen kontrolliert. Um das sich aus einer intensivierten Nutzung ergebende Risiko und gegebenenfalls zu treffende bauliche Massnahmen wie Stollenentlüftung abschätzen zu können, ist eine Kenntnis der Lufteintragsrate unumgänglich. Das vorhandene Volumen eines Speichers kann bei optimierten Einlaufüberdeckungshöhen besser bewirtschaftet werden, da der Betriebsraum zu Lasten des Reserveraums vergrössert wird. Die fortschreitende Verlandung der Stauseen verleiht der Problematik der optimierten Stauraumausnutzung ebenso Aktualität. In Figur 1 ist zur Veranschaulichung ein typischer lufteinziehender Wirbel abgebildet, welcher im hydraulischen Modell erzeugt wurde.



**Figur 1:** Lufteinziehender Wirbel an einem Einlaufbauwerk einer Hochdruckwasserkraftanlage im hydraulischen Modell an der VAW

Dank der Kenntnis der Lufteintragsrate ist eine Effizienzsteigerung von Wasserkraftanlagen absehbar, insbesondere solcher Anlagen, deren Produktion vermehrt dynamischeren Nachfragekurven folgen soll.

## Vernetzung

*swisselectric research* unterstützt das Forschungsprojekt finanziell.

Eine Zusammenarbeit mit Kraftwerksbetreibern wird angestrebt. Die VAW ist insbesondere daran interessiert, Erfahrungen von Betreibern zu sammeln.

Die VAW hat den Kontakt zu Pöyry Energy AG in Zürich hergestellt, einem international renommierten und erfahrenen Consultant auf dem Gebiet der Wasserkraft. Der Spezialist für Druckstollen, Herr Arnoldo Baumann, Dipl.-Ing. ETH, wird dem Projekt beratend zur Seite stehen und insbesondere die Erfahrungen und Anliegen aus der Praxis einbringen.

## Ausblick

Das Forschungsprojekt wurde Ende 2009 lanciert. Im Jahr 2010 sollen die Planung und der Bau des hydraulischen Modells umgesetzt werden. In Vorversuchen sind dazu die notwendigen Dimensionen erarbeitet worden. Ein besonderes Augenmerk wird nun unter anderem auf die Messtechnik gelegt.