



Forschung an der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften: Doppelabsperrklappen für das Kraftwerk KOPS II in Vorarlberg

Double-stop-valve for the power plant Kops II in Vorarlberg

Das zur Zeit größte Wasserkraftwerksprojekt in Europa ist Kops II. Für dieses, mittlerweile in Bau befindliche große Pumpspeicherkraftwerk, wird gemeinsam mit dem Bauherrn, den Vorarlberger Illwerken, eine Grundsatzuntersuchung für das Wechselspiel einer Tandemanordnung von Absperrklappen getätigt. Dieses Kraftwerk wird aufgrund der Bedürfnisse der „Schattenkraftwerke“ bei steigendem Einsatz von Windkraft und der damit einhergehenden Netzstabilisierung als Regelkraftwerk in der Lage sein, innerhalb der kürzesten jemals verwirklichten Umschaltzeit von 20 Sekunden von mehr als 525 MW im Turbinenbetrieb auf ein ähnlich hohes Pumpniveau zu wechseln und so 1 GW an Regelkapazität zu produzieren! Dies ist mit keinem anderen Kraftwerkstyp, weder thermisch noch atomar, möglich.

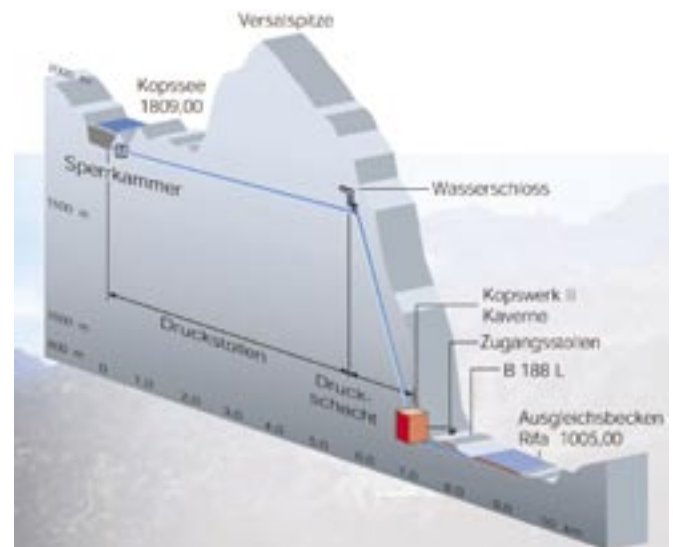
Die Tandemanordnung der Klappen wird unterhalb der oberen Sperrkammer am Beginn des Druckstollens angeordnet und stellt die einzige Absperrvorrichtung bis hin zum Krafthaus dar und unterliegt daher einem besonderen Sicherheitsstatus. Eine Schließfähigkeit der jeweils nicht betätigten Klappe muss bei Versagen der betätigten Klappe zu 100% gewährleistet werden. Über die Ausprägungen und das Verhalten dieses Klappentyps, der in Natura bis 7,5 m Durchmesser und 200 bar Belastung gebaut wird, gibt es in einer Anordnung als Einzelklappe bereits Erkenntnisse, jedoch ist das Zusammenspiel dieser beiden notschlussstauglichen Klappen bislang noch kaum untersucht worden. Am 4-Quadrantenprüfstand des Institutes wurde eine maßstäbliche Anordnung aufgebaut, und mit einer begleitenden numerischen Simulation wurde ein Abgleich für die bevorstehenden Modifikationen der optimierten Klappengeometrie erreicht. Sämtliche Modelle wurden von der Institutswerkstätte gefertigt und aufgebaut, einschließlich der Messelektronik. Mit Hilfe von Druck- und Durchflussmessungen und den am Klappengehäuse angebrachten Dehnmessapplikationen konnte ein vollständiges Bild der Kraft- und Momentensituation an den Klappen und den dazwischen- und danachliegenden Rohrabschnitten erstellt werden. Diese wurden in der Folge mit den numerischen Simulationsergebnissen querverglichen und erlauben für den kavitationsfreien und kavitationsbehafteten Einsatzfall klare Aussagen über die Interaktion der beiden Klappen. Für die jeweils eingestellte erste Klappe wurde stufenweise die zweite Klappe von der vollständig geöffneten Position zur geschlossenen Position variiert und so eine Matrix von fast 200 Betriebsfällen für den Pump- als auch den Turbinenbetrieb erstellt. Gleichzeitig wurde für jeden dieser Betriebsfälle das Druckniveau variiert, um eine Aussage über das Kavitationsverhalten zu erlangen. Das numerische Modell wurde komplett skriptiert und automatisiert erstellt, und nach zuvor erfolgter Gitteranalyse und Turbulenzvariationen wurde ein Setting gefunden, das für das Abrechnen dieses Kennfeldes angewendet werden konnte. Zum Einsatz kam der an der TU Graz installierte UNIX-Cluster für massiv paralleles Rechnen des ZID und der am Institut installierte LINUX-Cluster, wo effizient die Modelle von 4 Mio. Knoten mit dem kommerziellen CFD-Programm CFX 5.7 abgearbeitet wurden. Die Auswertung der Ergebnisse konnte dann eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Modellmessungen mit den CFD-Daten belegen und somit konnten das Wechselspiel im Schließvorgang und eventuell auftretende Ausnahmefälle analysiert werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden die Klappen gemeinsam mit dem Hersteller

in Bezug auf Schließmomente und strukturmechanische Erfordernisse optimiert und mit der CFD Ankerkräfte analysiert, um die in Natura auftretenden Kräfte von 300 t entsprechend in die Fundamente einleiten zu können. Die FE-Rechnung des Herstellers konnte durch die zusätzliche CFD-Auswertung mit detaillierteren Flächenlastverläufen ergänzt werden – ebenso konnte eine Verlustabschätzung der gewählten Dichtungsvariante und die damit jährlich erzielbaren Mindereinnahmen erreicht werden.

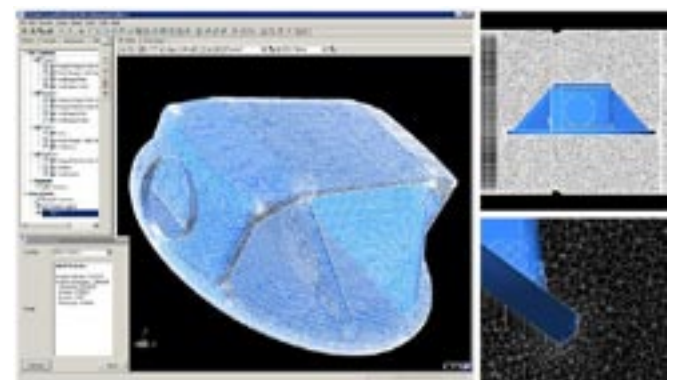
Im Winter 2006 wird sich aus Rotterdam ein Schwerlasttransport mit den Klappen (fast 5 m Durchmesser) auf den Weg in die Vorarlberger Berge machen, 2007/2008 das Pumpspeicherkraftwerk als Premiumprodukt hersteller der VIW in Betrieb gehen und saubere Energie- und Regelkapazitäten erzeugen.

links:

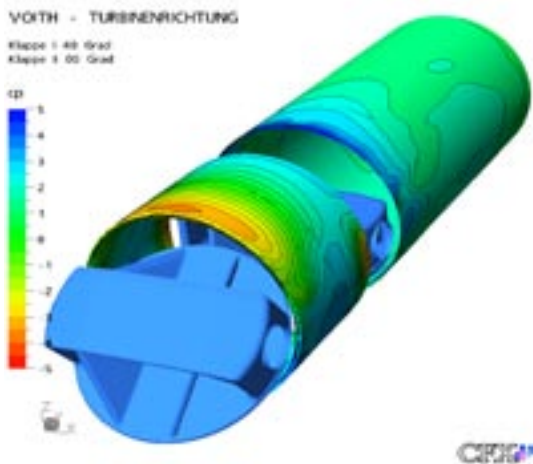
<http://www.hfm.tugraz.at>, <http://www.illwerke.at>, <http://www.vs-hydro.com>, <http://www.ansys.com/cfx>



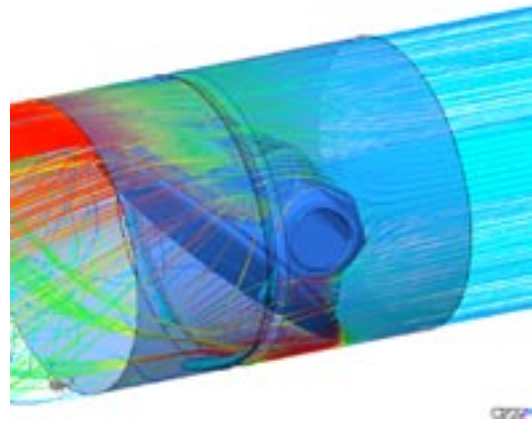
Darstellung des Kraftwerksprojektes (Quelle: www.illwerke.at)



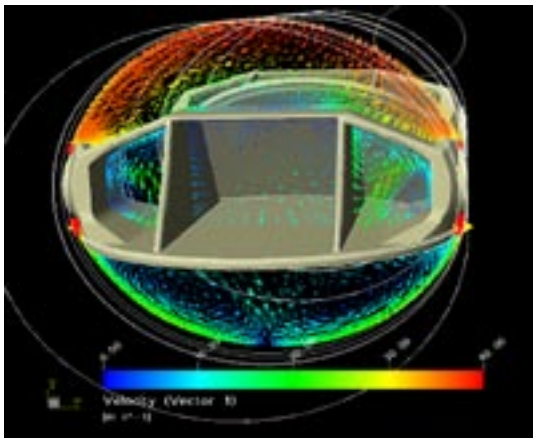
Numerisches Modell der realisierten Klappe



cp auf Ausbau- und Zwischenrohr



Kavitationspunkt bei Klappenstellung = 50°



Einblick in die Geschwindigkeitsverteilung auf Klappenhöhe

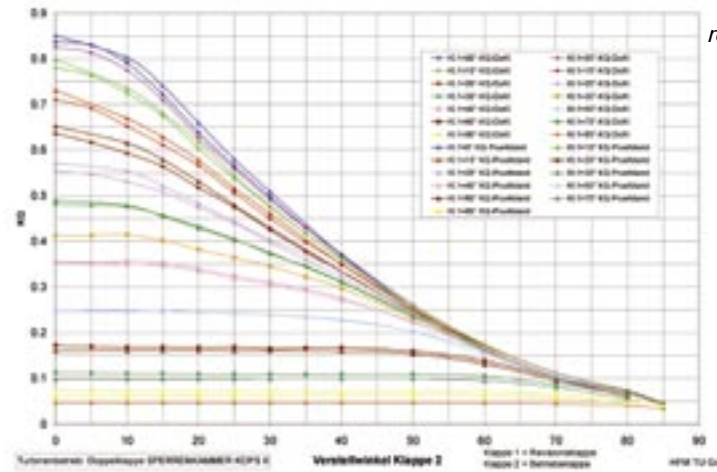
Double-stop-valve for the power plant Kops II in Vorarlberg

A new power station with the potential to produce or eliminate 500 MW was planned and is still under construction. For the double shutoff-valve beneath the dam, we measured the situation in a model and also came up with a numerical simulation. There is existing information about a single configuration, but none concerning the double configuration and the interaction between the two valves up until now.

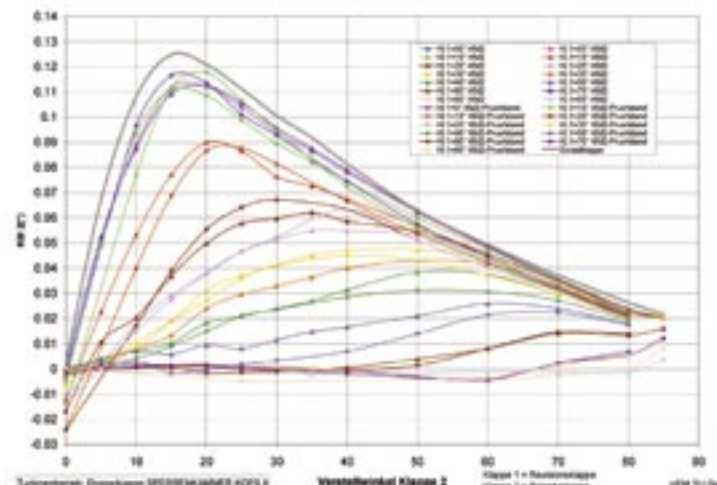
We evaluated the whole situation in pump- and turbine usage on our test plate and compared the results with the numerical results from the CFD-calculations done with CFX 5.7.

We thus got a lot of information on the situation (kavitation and no kavitation) and a start configuration for the optimization of the torque and force for the final design by the manufacturer. We can also give a summary of the interaction between the two valves and forces over the whole system needed for FE-analyses. Also, with CFD, a better pipe loading is transferred to FE-analyses.

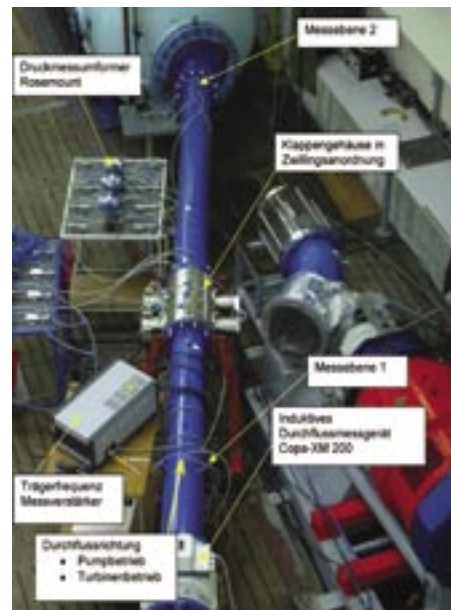
The first start up is planned for 2007/2008 and Europe's fastest regulated power producer will be "on air".



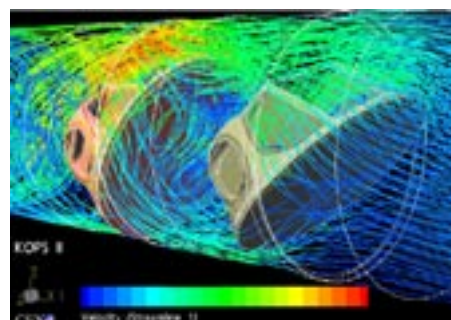
k_v -Verlauf im Turbinenbetrieb, Variation der Revisionsklappe



k_{M2} im Turbinenbetrieb, Variation der Betriebsklappe



Messaufbau am Institut



Streamlines im Turbinenbetrieb