Zeitschrift: Energeia : Newsletter des Bundesamtes für Energie
Herausgeber: Bundesamt für Energie
Band: - (2010)
Heft: 3

Artikel: Mehr Sicherheit bei gepanzerten Druckschächten
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-639714

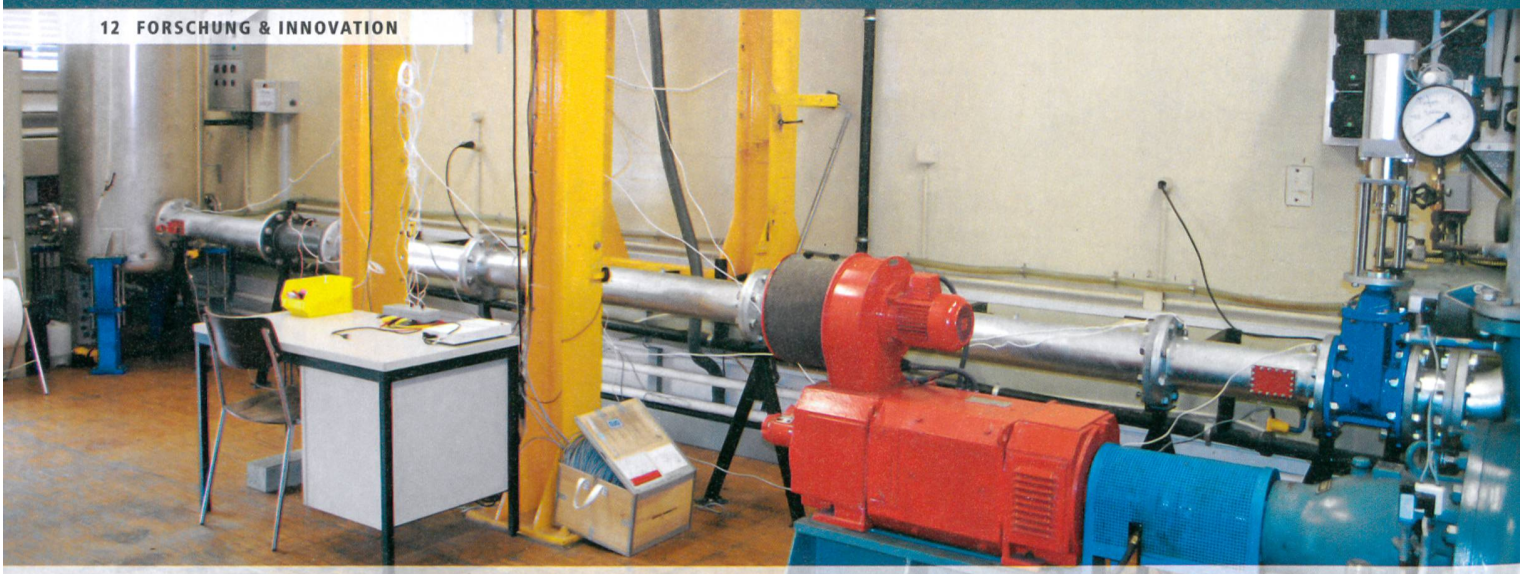
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Mehr Sicherheit bei gepanzerten Druckschächten

INTERNET

Energieforschung beim Bundesamt für Energie:
www.energieforschung.ch

Laboratoire des constructions hydrauliques (LCH) der EPFL:
http://lch.epfl.ch

Laboratoire de machines hydrauliques (LMH) der EPFL:
http://lmh.epfl.ch

HydroNet:
http://hydronet.epfl.ch

Moderne leistungsstarke Wasserkraftturbinen stellen enorme mechanische Anforderungen an die gepanzerten Druckschächte, die das Wasser aus einem Stausee zur Zentrale leiten. Im schlimmsten Fall kann ein solcher Schacht bersten, wie dies etwa im Dezember 2000 bei der Anlage Cleuson-Dixence geschah. Eine neue, verbesserte Berechnungsmethode soll nun helfen, Druckschächte optimal zu dimensionieren. Zudem sollen künftig gepanzerte Druckschächte nach Inbetriebnahme besser überwacht werden können. Mit Unterstützung des Bundesamts für Energie und des Konsortiums HydroNet des Kompetenzzentrums Energie und Mobilität hat die ETH Lausanne (EPFL) 2008 ein entsprechendes Forschungsprojekt lanciert.

Unsere Berge sind durchlöchert wie ein Käse – nicht nur durch gut versteckte militärische Anlagen, sondern auch durch wahre Energieversorgungs-Autobahnen, die Wasser aus Stauseen mit hoher Geschwindigkeit den Wasserkraftwerkzentralen zuführen. Allein für die Ausstattung der Anlage Grande Dixence, deren Produktion etwa vier Prozent des schweizerischen Stromverbrauchs deckt, mussten zwischen dem Mattertal (Zermatt) und dem Val de Bagnes (Fionnay) rund 100 Kilometer unterirdische Stollen und Schächte ausgebrochen werden. Je nachdem, welchem Druck sie standhalten müssen, werden einige davon mit einer Panzerung aus Stahl versehen.

Die Weiterentwicklung der Wasserkraftnutzung in der Schweiz erfolgt heute vor allem über den Ausbau bestehender Anlagen und die Erhöhung der installierten Turbinenleistung. Das Ziel besteht darin, nach Bedarf und innert kürzester Zeit Superspitzenenergie zu erzeugen und ins Stromnetz einspeisen zu können. Allerdings stellen sich dabei verschiedene Fragen: Sind die bestehenden gepanzerten Schächte den erhöhten Leistungsanforderungen gewachsen? Wie werden neue gepanzerte Stollen und Schächte am besten dimensioniert, um das Risiko eines Berstens zu minimieren?

Stahl, der wie Glas zerbricht

Mit all diesen Fragen befasst sich das Team von Professor Anton Schleiss vom Laboratoire de constructions hydrauliques der ETH Lausanne. «Neben der Erhöhung der Turbinierleistung ist auch die Weiterentwicklung der Eigenschaften des für die Panzerung von Stollen und Schächten verwendeten Stahls ein wichtiger Faktor», erklärt Schleiss. Um die Dicke der Panzerung zu begrenzen, werde heute Hochleistungsstahl verwendet. Dieser sei jedoch weniger dehnbar als herkömmlicher Stahl, der sich plastisch verformen könne, um lokal hohe Spannungen zu absorbieren. «Sind Mikrorisse vorhanden, können die neuen Materialien urplötzlich wie Glas bersten», sagt Schleiss.

«MIT UNSEREN MESSUNGEN KÖNNEN WIR DIE GESCHWÄCHTE STELLE SOFORT AUSFINDIG MACHEN.»
ETH-PROFESSOR ANTON SCHLEISS, LEITER DES LABORATOIRE DE CONSTRUCTIONS HYDRAULIQUES.

Laut dem ETH-Professor werden herkömmliche Berechnungsmethoden dieser Entwicklung nicht gerecht. Aus diesem Grund hat er 2008 mit Unterstützung des Bundesamts für Energie ein neues Forschungsprojekt zur Dimensionierung von gepanzerten Stollen und Druck-

schächten lanciert. Die Forschungsarbeiten, die von Fadi Hachem im Rahmen seiner Dissertation durchgeführt werden, sollen Anfang 2012 abgeschlossen sein und verfolgen ein doppeltes Ziel: Zum einen gilt es, eine neue, verbesserte Berechnungsmethode zur Dimensionierung von Druckschächten zu entwickeln, welche die Eigenschaften von Hochleistungsstahl berücksichtigt. Zum andern soll ein Überwachungsdispositiv für bestehende Schächte ausgearbeitet werden. «Gegenwärtig werden gepanzerte Druckschächte nicht direkt überwacht», erklärt Schleiss. «Die Betreiber messen lediglich die allfälligen Wasserverluste zwischen dem Ein- und dem Ausgang des Schachtes. Wird ein Verlust festgestellt, kann es bereits zu spät sein.»

Die Tücken des Druckstosses

Im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten des EPFL-Teams zur Entwicklung einer neuen Berechnungsmethode und eines nichtinvasiven Überwachungsdispositivs steht die Untersuchung eines bekannten physikalischen Phänomens: des Druckstosses. «Dieses Phänomen tritt auf, wenn sich beispielsweise durch rasches Öffnen oder Schliessen eines Schiebers oder einer Turbine die Durchflussgeschwindigkeit in einer Druckleitung abrupt ändert», sagt Schleiss. Druckstösse sind auch in den Leitungen alter Häuser beobacht- und vor allem hörbar. Erklären lässt sich das Phänomen am Beispiel eines Zuges, der mit voller Geschwindigkeit gegen eine Mauer fährt: Während der erste Wagen unmittelbar nach der Kollision stillsteht, setzen die hinteren ihre Fahrt fort und prallen nacheinander auf den vorderen Wagen auf. Auch in einem Rohr fliesst das Wasser im oberen Teil der Leitung noch weiter, nachdem der Schieber am unteren Ende bereits zugedreht wurde. Dadurch entsteht in der Leitung ein Überdruck, der sich mit enormer Geschwindigkeit wie eine Welle ausbreitet und sich wie ein Pingpongball in der Leitung mit hoher Geschwindigkeit hin- und herbewegt. Nach und nach flacht diese Welle ab, bis sie schliesslich ganz verschwindet. «Um zu verhindern, dass sich der Druckstoss im ganzen Triebwassersystem ausbreitet, wird am oberen Ende des gepanzerten Druckschachtes eine Ausgleichskammer errichtet – eine Art Notfallspur für das Wasser. Aber auch so kann der Wasserschlag noch immer einen Überdruck von rund zehn Prozent bewirken. Um diesen Druck weiter zu vermindern, müsste ein zu brüskes Öffnen und Schliessen der Schieber vermieden werden», erklärt Schleiss.

Aber genau dies läuft den Interessen der Betreiber zuwider, denn sie wollen umgehend auf einen plötzlichen Anstieg des Energiebedarfs reagieren können. Ausserdem kann die zunehmend intensive Nutzung von Speicherkraftwerken zur Produktion von Spitzenenergie dazu führen, dass ein gepanzerter Druckschacht aufgrund der immer häufigeren Wasserschläge ermüdet und sich das Bruchrisiko erhöht.

Bis zu 1200 Meter pro Sekunde

Zur Entwicklung der neuen Berechnungsmethode und ihres Überwachungsdispositivs haben die EPFL-Forscher in den Räumlichkeiten des Laboratoire de machines hydrauliques mitten in der Stadt ein Leitungsmodell in verkleinertem Massstab errichtet. Die Versuchsanlage besteht aus einer Leitung, durch welche das Wasser mit hohem Druck fliesst. Am unteren Ende des Rohres befindet sich ein Abschlussventil. Die Leitung ist in mehrere Abschnitte mit unterschiedlicher Steifigkeit unterteilt. «Die Geschwindigkeit, mit der sich die Druckwelle im Rohr ausbreitet, hängt von der lokalen Steifigkeit der Leitung ab: Je steifer das Rohr – wie dies bei mit Hochleistungsstahl gepanzerten Druckschächten der Fall ist –, desto höher die Geschwindigkeit. Die Welle kann sich mit bis zu 1200 Metern pro Sekunde fortbewegen, das ist etwas weniger als die Schallgeschwindigkeit unter Wasser.»

Die einzelnen Rohrabschnitte sind untereinander austauschbar. Anstelle von Stahlelementen können auch Teile aus anderen Materialien, insbesondere PVC oder Aluminium, eingesetzt werden. An jedem Rohrabschnitt sowie an den beiden Enden der Leitung sind Druckmesssonden sowie Beschleunigungsmessgeräte angebracht, die wie Mikrofone arbeiten. «Dank dieser Anlage können wir die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Druckwelle und deren Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Rohrs präzise messen», erklärt Schleiss. Hat die Leitung an einer bestimmten Stelle einen Riss, so werden dadurch die Steifigkeit der Leitung und folglich auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle lokal sofort vermindert. «Mit unseren Messungen können wir so die geschwächte Stelle sofort ausfindig machen.»

Grimsel 2 unter der Lupe

Um das theoretische Modell zu eichen und das Überwachungsverfahren zu überprüfen, werden im Pumpspeicherwerk Grimsel 2 in Zusammenarbeit mit der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) Messungen im Massstab 1:1 durchgeführt. «Ende 2009 haben wir bei einer Besichtigung die strategischen Stellen zur Anordnung der Messgeräte identifiziert», erläutert Schleiss. «Die Datenerhebung hat im April 2010 begonnen und wird ein Jahr dauern.» Die Auswertung der Daten und die Entwicklung des Berechnungsmodells sowie des Überwachungsdispositivs werden ein weiteres Jahr in Anspruch nehmen. Schon heute ist aber klar, dass das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit der Wasserkraftanlagen leisten wird, die für die Stromversorgung der Schweiz unverzichtbar sind – auch wenn sie unsere Bergwelt durchlöchern!

(bum)

HydroNet: Multidisziplinäres Forschungskonsortium

Der Aufschwung der erneuerbaren Energien verleiht der Wasserkraftnutzung und insbesondere den Pumpspeicherkraftwerken Auftrieb. Diese sind nämlich in der Lage, überschüssigen Strom zu speichern und ihn zu Spitzenzeiten wieder verfügbar zu machen. Die Schweiz, wo der grösste Teil der Stromproduktion aus der Wasserkraft stammt, nimmt in diesem Sektor gegenwärtig eine bevorzugte Stellung ein. Die Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes macht die Zukunftsaussichten noch attraktiver und begünstigt den Kapazitätsausbau im Bereich der Spitzenstromproduktion. Dadurch kann Strom aus Bandenergiekraftwerken veredelt werden.

Im In- und Ausland werden bedeutende Summen in die Erneuerung alter Wasserkraftwerke und in den Bau neuer Anlagen investiert. Allerdings gibt es bei den Pumpspeicherkraftwerken auch heute noch enorme technische Herausforderungen zu bewältigen, vor allem in den Bereichen Hydrodynamik, Elektrizität, Felsbau und Umwelt. Um diese Problemstellungen zu untersuchen und eine standardisierte Methode für die Planung, den Bau, den Betrieb und die Überwachung von Pumpspeicherkraftwerken zu entwickeln, wurde 2007 HydroNet lanciert. Das Forschungskonsortium schliesst sechs Forschungslaboratorien ein und wird teilweise finanziert durch das Kompetenzzentrum Energie und Mobilität des ETH-Bereichs (CCEM-CH) sowie durch das Unterstützungsprojekt «Swisselectric research». Zwei Teilprojekte im Rahmen von HydroNet – darunter auch jenes über die Dimensionierung von gepanzerten Stollen und Druckschächten, welches von Professor Anton Schleiss von der ETH Lausanne geleitet wird (siehe Hauptartikel) – werden gegenwärtig vom Bundesamt für Energie mitfinanziert.

Weitere Informationen:
http://hydronet.epfl.ch