

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 95 (2004)
Heft: 2

Artikel: Entwicklungen und Innovationen im Bereich Wasserturbinen
Autor: Keck, Helmut / Schäppi, André
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857901>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

Entwicklungen und Innovationen im Bereich Wasserturbinen

Die VA TECH HYDRO gehört zu den bedeutendsten Anbietern von elektromechanischen Ausrüstungen und Dienstleistungen für Wasserkraftwerke mit einer starken Basis in der Schweiz. Das Unternehmen hat in der Vergangenheit immer wieder innovative Produkte auf den Markt gebracht; so zum Beispiel zu Beginn der Neunzigerjahre das MicroGuss™-Laufrad für Pelton-turbinen. Das Bulletin VSE sprach mit Dr. Helmut Keck, Leiter Forschung und Entwicklung, über aktuelle Trends in der Forschung und Entwicklung.

Bulletin: Herr Dr. Keck, wie beurteilen Sie das Potenzial der schweizerischen Wasserkraft?

Wir haben zwei Bereiche lokalisiert, in denen wir für die Schweiz noch ein beachtliches Potenzial sehen. Es sind dies der Umbau bestehender Wasserkraftwerke und der Ausbau vorhandener Anlagen. Für einen Umbau gibt es zwei Gründe: Der eine liegt in der Lebensdauer alter Maschinen, insbesondere von Hochdruckmaschinen. Diese sind nach 40 bis 50 Jahren Betrieb nicht mehr so sicher, denn es können sich erste Ermüdungsrisse und andere Abnutzungsercheinungen zeigen. Trotzdem muss die Betriebssicherheit längerfristig gesichert werden, was dazu führt, dass man zum Beispiel Laufräder ersetzt. Der zweite Grund liegt in der teilweise ungenutzten Wassermenge, was durch ein begrenztes Schluckvermögen älterer Maschinen bedingt ist. Mit einem neuen Laufrad kann diese Wassermenge besser genutzt werden, wobei gleichzeitig die Ausbauleistung und der Wirkungsgrad teilweise massiv erhöht werden können. Der Ausbau hat seinen Grund in der Liberalisierung des europäischen Strommarktes. Das heisst: Es ist für einen Betreiber in-

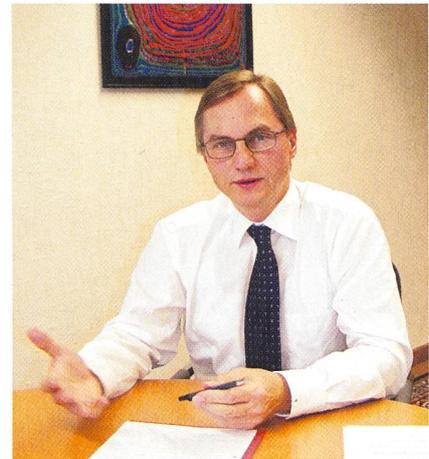
teressant, vorhandene Dämme und Speicherseen optimaler zu nutzen, was durch die Installation neuer Maschinen in vorhandene Kraftwerke oder die Erweiterung bestehender Zentralen möglich ist.

Bulletin: Welche Rolle spielt die Schweiz für die Forschung und Entwicklung (F&E) der VA Tech Hydro?

Der Schweiz kommt in der Innovation eine Schlüsselrolle zu. Das kommt unter anderem dadurch zum Ausdruck, dass von den 70 Mitarbeitenden des Bereichs F&E-Hydraulik rund drei Viertel in der Schweiz – an den Standorten Zürich und Vevey – tätig sind. Die Nähe zu den Schweizer Kunden ist für die Forschung ausserordentlich wichtig. Dies deshalb, weil sich hier gute Möglichkeiten für enge Partnerschaften mit Kunden an wichtigen Referenzanlagen bieten. Andererseits ist aber auch die Nähe von F&E für Schweizer Kunden vorteilhaft, da diese durch die geringe geografische Distanz schnellen Zugriff auf das Know-how unserer Experten haben. Ein in diese Richtung zielführendes Beispiel ist die Peltonanlage Tavanasa. Der Umbau umfasste ein neues, optimiertes Laufrad in eine bestehende Turbine sowie die Modifikation des Turbinengehäuses mit neuen Einbauten. Aufgrund dieser Massnahmen konnte eine Wirkungsgradsteigerung von 2,9% unter Vollast erreicht werden. Und gerade hier hat sich gezeigt, dass die gute und enge Zusammenarbeit für ein erfolgreiches Projekt sehr wichtig ist.

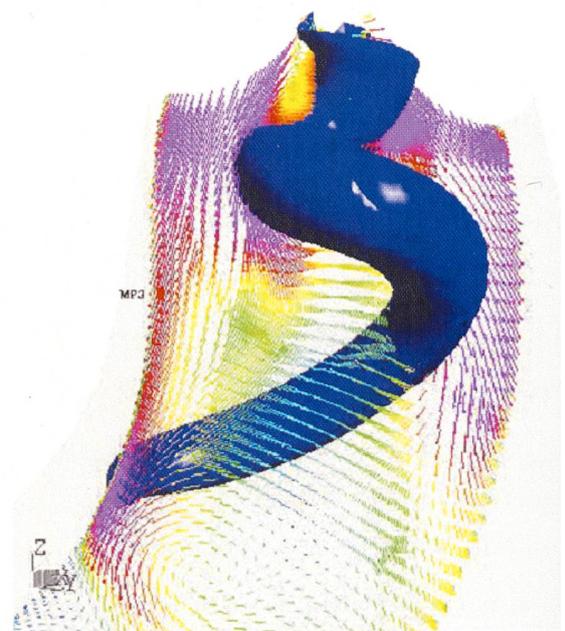
Bulletin: Wie würden Sie die Forschung und Entwicklung Ihres Unternehmens charakterisieren?

Wir betreiben eine kundenorientierte F&E. Das heisst, wir arbeiten direkt mit



Dr. Helmut Keck: «Wir sehen für die Schweiz noch ein beachtliches Potenzial im Bereich Umbau und Ausbau bestehender Wasserkraftanlagen.»

Kunden zusammen, zum Beispiel schon bei Potenzialstudien im Umbau. Hier bieten wir Dienstleistungen an, die es ermöglichen, verschiedene Varianten zu beurteilen. Diese Analysen beinhalten die Berechnung der Strömung in der bestehenden Turbine mit Strömungsnumerik (CFD). Anschliessend rechnen wir zum Vergleich ein modernes Laufrad, wodurch wir bereits das Verbesserungspotenzial abschätzen können. Parallel dazu werden detaillierte Festigkeits- und Lebensdauerstudien durchgeführt, um



Die Beherrschung instationärer Strömungen ist der nächste Schritt in der Strömungsnumerik.

Interviewpartner

Dr. Helmut Keck
VA TECH HYDRO
Hardstrasse 319
8023 Zürich
E-Mail: helmut.keck@vatech-hydro.ch
www.vatech-hydro.at

Interview und Fotos

André Schäppi
Zürichbergstrasse 66
8044 Zürich
E-Mail: cat@communicat.info



Dr. Helmut Keck: «Die Schweiz nimmt bei der Innovation im Bereich von Wasserkraftanlagen eine Schlüsselrolle ein.»

den Kunden im Bereich Anlagensicherheit und -risiko zu beraten. Schon hier wird ersichtlich, dass die Strömungsnumerik ein zentrales Element in der F&E ist. CFD zieht sich durch den gesamten Prozess, wie schon erwähnt bei den Potenzialstudien und nach der Auftragsvergabe bei der massgeschneiderten Profilentwicklung bis hin zur Unterstützung bei der Feinoptimierung im Modellversuch.

Bulletin: Ihr Unternehmen war in der Simulation komplexer Strömungen (CFD) an Komponenten von Wasserturbinen ein Trendsetter. Wohin bewegt sich die Forschung im Bereich CFD?

Im Bereich kleine und mittlere Anlagen sind wir heute so weit, dass wir dank

der CFD weitgehend auf Modellversuche verzichten können. Für grosse Maschinen oder komplexe Umbauten ist es allerdings immer noch so, dass der Modellversuch zusätzliche Daten liefert wie etwa Druckschwankungen oder Informationen zum Verhalten instationärer Strömungen. Und gerade in diesen Bereich zielt unsere Stossrichtung mit zwei neuen Schwerpunkten: Die Berechnung der instationären Strömung im Becher von Pelton-turbinen sowie das Teillastverhalten von Francis- und Pump-turbinen, bei dem wir den Wirbelzopf berechnen. Wir wollen durch die Beherrschung dieser Phänomene Strategien entwickeln, um die Betriebsgrenzen auszuweiten und die Laufruhe gezielt zu verbessern.

Bulletin: Wo liegen derzeit die grössten Herausforderungen im Design von Turbinen?

Die anspruchsvollste Aufgabe liegt derzeit im Umbau von reversiblen Pump-turbinen, bei denen man ein neues Laufrad für eine vorhandene Maschine entwickeln muss. Im Allgemeinen geht es darum, einen höheren Wirkungsgrad für Pumpe und Turbine gleichzeitig zu erreichen, die Kavitation zu minimieren (bei einer erhöhten Wassermenge), die Pumpenkennlinie stabil zu halten und einen ruhigen Turbinenbetrieb von 0 bis 100% zu gewährleisten.

Dazu zwei aktuelle Beispiele aus Polen: Beim Pumpspeicherwerk Zarnowiec, das mit den grössten Pump-turbinen Polens (Durchmesser Laufrad 6040 mm,

Leistung 4×193 MW) ausgestattet ist, beinträchtigen starke Vibrationen den Betrieb unter Turbinenteillast und führten sogar zu Einschränkungen im Betrieb. Die Hauptziele der Modernisierung waren eine Wirkungsgradsteigerung und der reibungslose Betrieb bei Turbinenteillast, was VA Tech Hydro durch ein neues, mit CFD entwickeltes Laufrad erreicht hat. Die Wirkungsgradgarantien konnten sowohl für den Pump- als auch für den Turbinenbetrieb nachgewiesen werden. Im Turbinenbetrieb ist der Wirkungsgrad um 4,5% und beim Pumpbetrieb um 1,5% verbessert worden. Die Anforderungen bezüglich Druckschwankungen und Vibrationen sind zur Zufriedenheit des Kunden erfüllt worden und erlauben auch bei niedriger Teillast einen einwandfreien Betrieb. Daher werden neben der konventionellen Energiespeicherung die zukünftigen spezifischen Funktionen der Netzregulierung durch verfügbare Leistungsreserven möglich sein.

Bei der Anlage Solina (Durchmesser Laufrad 4500 mm, Leistung 32 MW) konnten wir die Leistung der Maschine um 50% steigern, ohne die Dimensionen der bestehenden Komponenten (wie Spirale) zu ändern. Das ist im Wesentlichen auf das neue Laufrad zurückzuführen, auch wenn gleichzeitig ein neuer Motor-generator eingebaut werden musste und die Drehzahl verändert wurde.

Bulletin: Welches sind die Entwicklungstrends bei Wasserkraftgeneratoren?

Hier sind zwei Innovationen zu erwähnen, an denen bei VA Tech intensiv gearbeitet wird. Die eine ist der Motor-generator mit variabler Drehzahl und die andere ist der direkt getriebene Generator mit Permanent-Magnet-Technologie.

Asynchronmotorgeneratoren vom Typ Cycloconverter werden nicht wie Synchronmaschinen von einem Gleichstromfeld erregt, sondern haben am drehenden wie am stehenden Teil eine Drehstromwicklung. Dies ermöglicht die Variation der Drehzahl des Maschinensatzes und somit einen optimalen Betrieb der Turbine in einem erweiterten Leistungsbe-reich. Im Pumpbetrieb kann die Leistungsaufnahme variabel gestaltet werden, wodurch die Leistungsregelung nicht nur im Turbinen- sondern auch im Pumpbetrieb möglich wird. VA Tech hat mit dieser Technologie zwei der vier Maschinensätze des deutschen Pumpspeicherwerks Goldisthal ausgerüstet, wobei die entsprechenden Pump-turbinen eine maximale Leistung von 325 MW erzeugen.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Generatoren ist, dass beide Asynchronmaschi-



Für die polnische Anlage Zarnowiec entwickelte VA Tech Hydro ein neues Laufrad, das eine Wirkungsgradsteigerung und den reibungslosen Betrieb bei Turbinenteillast ermöglicht.

nensätze mit wesentlich verbessertem Wirkungsgrad im Turbinen-Teillastbetrieb (Regelbetrieb) gefahren werden können. Im Pumpbetrieb steht ein sehr schnell aktivierbarer Teil der Leistung für die Leistungs- und Frequenzregelung des Netzes zur Verfügung. Die ersten Betriebserfahrungen sind sehr gut, und die Maschinen zeichnen sich durch eine ausserordentliche Laufruhe aus.

Die Entwicklung dieser anspruchsvollen Technologie ging übrigens von Japan aus, weil dort die Anforderungen an die Frequenzhaltung des Stromnetzes extrem hoch sind. Die in Goldisthal installierten Asynchronmotorgeneratoren sind die ersten grossen Maschinen dieses Typs ausserhalb Japans, und insofern sind wir stolz, dass wir hier einen Meilenstein setzen konnten.

Die zweite Innovation betrifft kleine Maschinen bis 5 MW. Diese Entwicklung trägt den Namen ECOBulb™ und ist durch einen neuen, kostengünstigen direktangetriebenen Synchrongenerator gekennzeichnet. Dadurch entfällt das bei Kleinturbinen häufig eingesetzte Getriebe. Bei diesem neuartigen Generatortypen wird die üblicherweise verwendete konventionelle Erregung durch eine Permanentmagneterregung ersetzt. Diese Anwendung hochenergetischer Seltenerdmetalle bringt den Vorteil des Wegfalls der Erregungs- und Hilfssysteme sowie eines äusserst einfachen Rotoraufbaus, der sich durch völlige Wartungsfreiheit und grosse Robustheit des Rotors auszeichnet.

Die Eliminierung des Übersetzungsgetriebes ist darüber hinaus ein nennenswerter Beitrag zur umweltfreundlichen Konzeption der Maschinen (kein Öl, kein Lärm).

Die Entwicklung von Permanentmagnetgeneratoren stammt übrigens ursprünglich aus dem Gebiet des Windkraft-Anlagenbaus, und wir sind die erste Firma, die Permanentmagnete auch im Bereich der Wasserkraft einsetzt. Realisiert wurde bereits eine Anlage in Aulas in Frankreich, die seit Oktober 2002 erfolgreich in Betrieb ist. Weitere Anlagen befinden sich bereits in der Fertigung und werden im ersten Quartal 2004 in Betrieb gesetzt.

Bulletin: Gibt es neben ECOBulb weitere Entwicklungen, die aus Sicht des Umweltschutzes zu erwähnen sind?

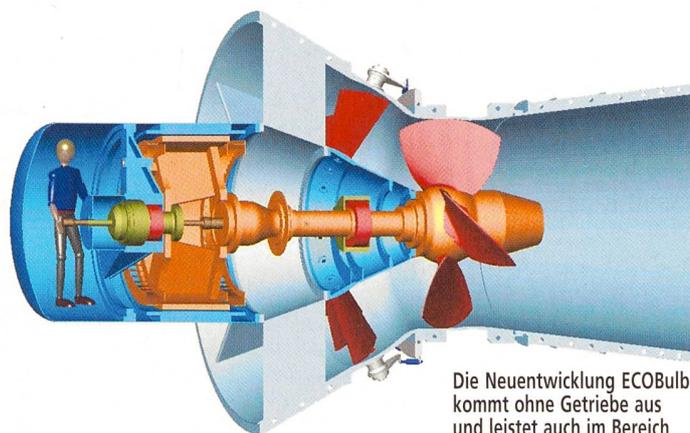
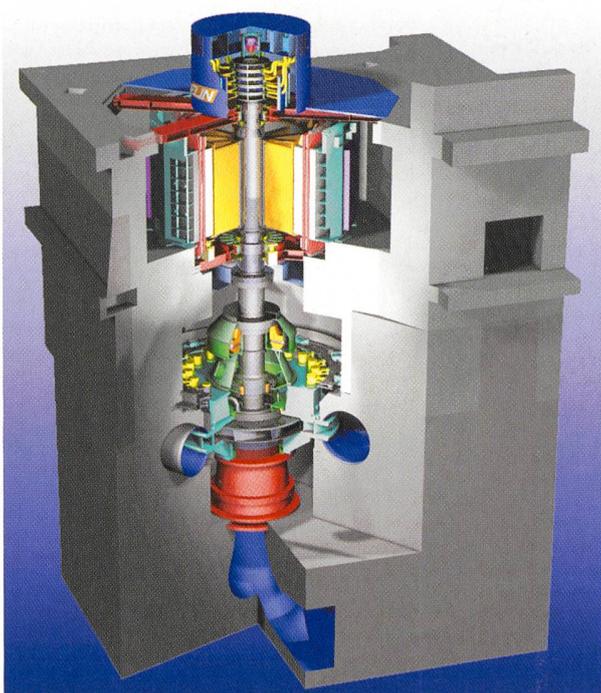
Ja, wir arbeiten intensiv an der ölfreien Kaplannabe. Konventionelle Kaplanmaschinen haben eine ölgefüllte Nabe mit einem grossen Servomotor in der Nabe, und sämtliche Schaufellager befinden sich im Öl. Dadurch wird eine grosse Menge Öl benötigt. Ein Teil davon kann durch Altern der Dichtungen bei Leckagen ins Flusswasser austreten, was unbedingt zu verhindern ist. Viele Kunden sind auf dieses Thema sensibilisiert, weshalb wir Lösungen entwickelt haben, die dieses Problem angehen. Sie sind so konzipiert, dass, selbst wenn Öl aus dem Servomotor austritt, es nicht direkt ins Flusswasser gelangt, sondern in einem Zwischenraum aufgefangen wird.



Dr. Helmut Keck: «Die anspruchsvollste Aufgabe im Design liegt derzeit im Umbau von reversiblen Pumpturbinen.»

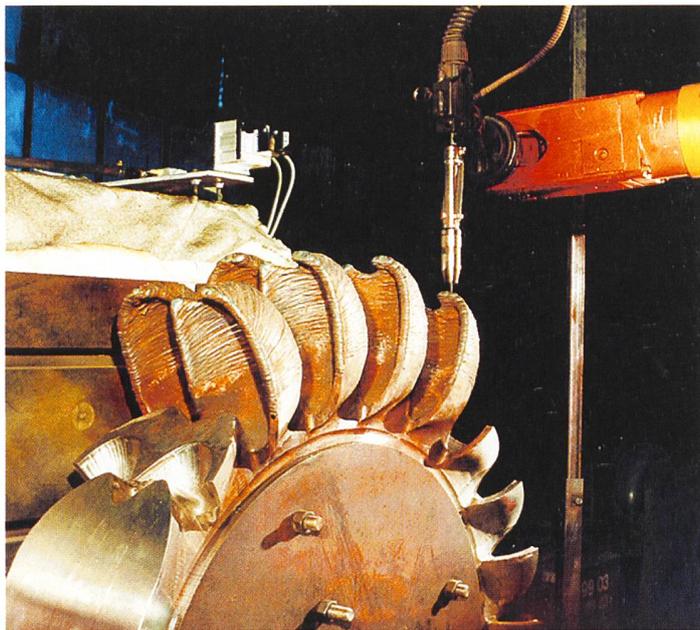
Bulletin: Im Zusammenhang mit der Umweltrelevanz von Wasserkraftwerken gibt es immer wieder Diskussionen um die fischfreundliche Turbine. Ist VA Tech Hydro in diesem Gebiet aktiv?

Wir verfolgen dieses Thema sehr intensiv, besonders für den amerikanischen Markt. So waren wir an einem Projekt mit dem U.S. Army Corps of Engineers beteiligt, in dessen Rahmen die Spalte im Bereich Laufradnabe und -mantel untersucht wurden, mit der Absicht, diese zu minimieren. Die Fischsterblichkeit im Hauptströmungsbereich der Turbinen ist nämlich nicht sehr hoch, wohingegen Verletzungen durch die engen Spalte an



Die Neuentwicklung ECOBulb kommt ohne Getriebe aus und leistet auch im Bereich Umweltschutz einen nennenswerten Beitrag.

Neu entwickelte asynchrone Motorgeneratoren gestatten die Variation der Drehzahl des Maschinensatzes und somit einen optimalen Betrieb der Turbine in einem erweiterten Leistungsbereich.



Die Möglichkeiten der bewährten MicroGuss-Technologie werden derzeit für die Fertigung von Francislaufrädern geprüft.

vorbeugendem Unterhalt ist die Diagnostik: Mit ausführlichen Messungen kann der Zustand der Maschine erfasst werden. Aufgrund der Bewertung können die zukünftigen Revisionsintervalle abgeleitet und auch der günstigste Zeitpunkt für einen grösseren Umbau oder eine Modernisierung kann festgelegt werden.

Bulletin: MicroGuss hat sich im Bereich der Fertigung von Peltonlaufrädern bestens etabliert. Bestehen Pläne, die Anwendung dieser Technologie auch auf andere Turbinentypen auszuweiten?

Es stimmt, dass seit der Einführung von MicroGuss im Jahr 1992 eine grosse Nachfrage nach derartig gefertigten Laufrädern besteht. Das belegen die über 200 bestellten oder ausgelieferten Räder mit einer aufsummierten Betriebsdauer von über zwei Millionen Stunden. Die «Beliebtheit» ist sicherlich auch auf die Vorteile dieser Technologie wie höhere Sicherheit und längere Lebensdauer sowie die vollintegrierte Inhouse-Fertigung zurückzuführen.

Da die Technologie seinerzeit für die automatisierte Fertigung entwickelt wurde und die vorher genannten Vorteile nicht nur für Peltonlaufräder gelten, liegt es nahe, das Einsatzgebiet auf andere Turbinentypen auszuweiten. Wir sind jetzt gerade dabei, ein Hochdruck-Francislaufräder im MicroGuss-Verfahren herzustellen. Allerdings prüfen wir parallel dazu auch andere Verfahren. Dazu gehören gegossene Einzelschaufeln, die NC-gefräst werden und dann eingeschweisst werden oder Schaufeln aus gepressten Blechen. Letztlich geht es darum, die für den Kunden optimale Fertigungstechnologie zur Hand zu haben.

Bulletin: Herr Dr. Keck, wir danken Ihnen für dieses informative Gespräch.

Nabe und Mantel auftreten können. Diese Minimierung ist also wichtig, damit die Fische sich nicht an den scharfkantigen Stellen verletzen und das Laufrad ungehindert durchströmen können. Gleichzeitig hat man festgestellt, dass gewisse Fischarten empfindlich reagieren auf Unterdruckzonen im Laufrad (Kavitation). Hier ermöglicht es wiederum die Strömungsnumerik, die Druckverteilung und Strömungsgeschwindigkeit im Laufrad gleichmässiger zu gestalten sowie die Scherkräfte innerhalb der Strömung zu reduzieren, was insgesamt für die Fische vorteilhaft ist.

Zusätzlich haben wir kürzlich einen Entwicklungsversuch abgeschlossen, bei dem es um die Erneuerung bestehender Kaplan-turbinen für das McNary-Kraftwerk in Oregon geht. Die Vorgabe war, ein dickes, fischfreundliches Profil zu entwickeln, was wir durch spezielle Laufräder vom Typ Mixed Flow realisiert haben.

Bulletin: Was hat sich im Bereich Regler für Wasserkraftwerke getan?

Hier haben wir zusammen mit der VA Tech SAT eine komplett neue Generation von Turbinenreglern entwickelt, die voll kompatibel zur übergeordneten Leittechnik ist. Dieses unter dem Namen «Neptun» laufende, modulare System ist sowohl für Kleinturbinen wie auch Grösst-anlagen geeignet. «Neptun» umfasst alle Teilsysteme der Sekundärtechnik innerhalb eines Kraftwerkes, beginnend vom Turbinenregler über die Automatisierung bis zu höheren Funktionen für Optimierung und Prognose. Erfreulich für uns

war, dass der erste neue Regler in der Schweiz zum Einsatz gekommen ist.

Bulletin: In anderen Industrien, wie zum Beispiel der Erdölverarbeitung, erwartet man in Zukunft vermehrt den Einsatz von Monitoringsystemen oder Systemen zum vorbeugenden Unterhalt. Welche Entwicklungen verfolgt Ihre Firma in diesem Bereich?

Wir haben das Monitoringsystem mit dem Namen DIA TECH entwickelt, primär für Monitoringaufgaben im Bereich der Generatoren. Integriert ist ein Schwingungsmonitoring, was die Überwachung des gesamten Wellenstrangs ermöglicht. Bei Generatoren ist Monitoring von grossem Interesse, während man bei Turbinen aufgrund der langen Lebensdauer wenig Online-Monitoring einsetzt. Wichtig für uns im Zusammenhang mit

Développements et innovations dans le domaine des turbines hydrauliques

Vatech Hydro fait partie des principaux fournisseurs d'équipements et de prestations électromécaniques pour les centrales hydrauliques et est solidement établi en Suisse. Par le passé, l'entreprise a périodiquement introduit des innovations sur le marché ; comme par exemple la roue MicroGuss™ pour les turbines Pelton. Le Bulletin de l'AES s'est entretenu avec Monsieur Helmut Keck, Chef de la recherche et du développement, sur les tendances actuelles dans la recherche et le développement.