Leistungserhöhung von Wasserkraftwerken : systematisches Erneuerungsprogramm der BKW

Autor(en): **Hässig, Peter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **85 (1994)**

Heft 18

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902597

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Dieser Beitrag behandelt das Projekt der Bernischen Kraftwerke (BKW) zur Generalrevision und Leistungserhöhung des Wasserkraftwerks Bannwil. Zwei Monate nach dem erfolgreichen Abschluss der Leistungserhöhungen in den Wasserkraftwerken Niederried-Radelfingen und Aarberg liegt so bereits wieder ein konkretes Erneuerungsprojekt in dieser energiepolitisch aktuellen Stossrichtung vor. Hervorzustreichen ist dabei, dass erstmals in der Schweiz ein Wasserkraftwerk mit modernen Rohrturbinen einer Leistungserhöhung unterzogen wird. Dies im Sinne des Progamms «Energie 2000».

Leistungserhöhung von Wasserkraftwerken

Systematisches Erneuerungsprogramm der BKW

■ Peter Hässig

Die BKW betreibt für alle ihre Anlagen ein systematisches Programm der vorbeugenden Instandhaltung. Damit wird die Gewährleistung einer dauernden Verfügbarkeit von Produktions- und Verteilanlagen angestrebt. Als die geplanten Generalrevisionen der in den 60er und 70er Jahren erstellten Wasserkraftwerke näher rückten, erkannte die BKW die Chance, diese Kraftwerke gleichzeitig einer Leistungserhöhung zu unterziehen. Die Grundlage dazu lag in der rasanten Entwicklung der Computersimulation von hydraulischen Maschinen (s. Kasten). Ab 1985 wurde somit die Projektierung der Erneuerung des Wasserkraftwerks Niederried-Radelfingen unter Einschluss einer Leistungserhöhung

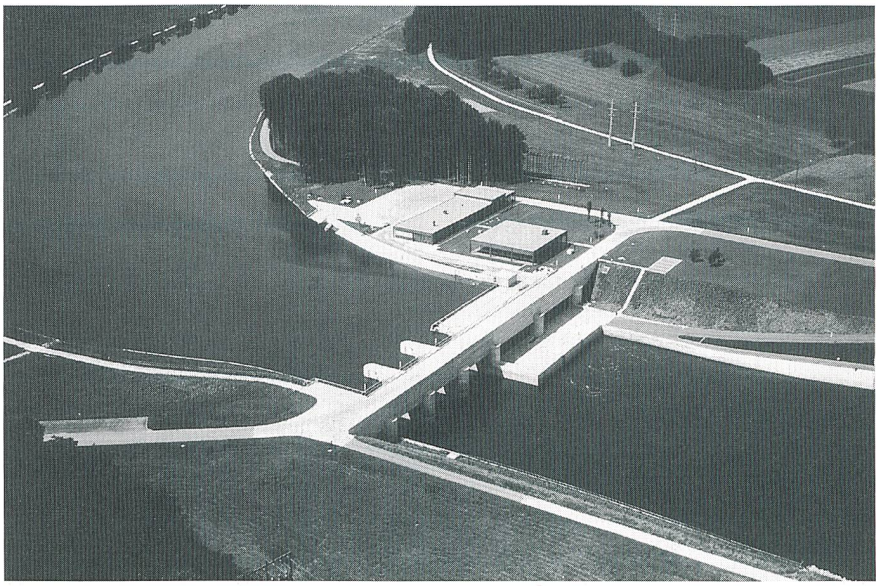


Bild 1 Erneuerung des Wasserkraftwerks Bannwil: Wirkungsgrad-Verbesserungspotential von 6%

Adresse des Autors:
Peter Hässig, Leiter des Ressorts Mechanische Anlagen, Bernische Kraftwerke AG (BKW)
Viktoriaplatz 2, 3000 Bern 25.

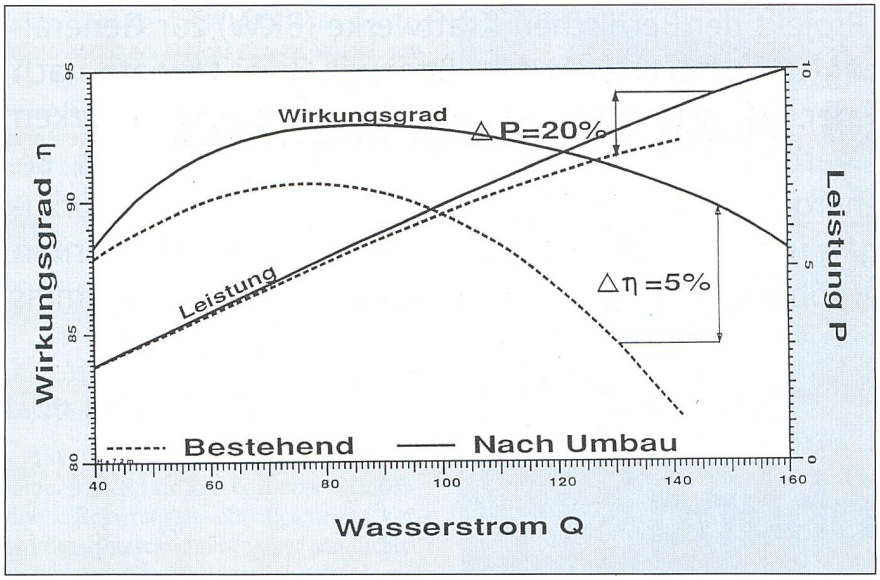


Bild 2 Bannwil: Verbesserungspotential von Leistung und Wirkungsgrad (H = 7,2 m)

aufgenommen. Nach sorgfältiger Planung und Bestehen von allen internen und externen Genehmigungsverfahren konnte im Herbst 1990 endlich mit den Erneuerungsarbeiten begonnen werden. In den Wintern 1990/91 und 1991/92 wurden die beiden Turbinen-Generatorgruppen des Kraftwerks Niederried-Radelfingen und anschliessend in den Wintern 1992/93 und 1993/94 diejenigen des Kraftwerks Aarberg revidiert. Die gesteckten Zielsetzungen konnten vollumfänglich erreicht werden, was günstige Voraussetzungen für eine rasche Genehmigung der Generalrevision des 1970 in Betrieb gesetzten Wasserkraftwerks Bannwil schuf.

Zielsetzungen

Aufgrund der guten Erfahrungen bei der Erneuerung der vorgenannten Kraftwerke bestand keine Veranlassung, die Zielsetzungen oder das Projektierungsvorgehen für die Erneuerung des Wasserkraftwerks Bannwil (Bild 1) zu ändern. Die Zielsetzungen lauten erneut: Leistungserhöhung durch optimale Nutzung der vorhandenen Wasserkraft, Gewährleistung einer sicheren und übersichtlichen Betriebsführung, Nachrüstung nach neuesten Umweltschutzerkenntnissen sowie Behebung von Abnutzungsschäden. Die Projektierung begann 1990 mit einer systematischen Zustandsanalyse und der Auswertung der umfangreichen Betriebsaufzeichnungen. Daraus ergab sich ein erstes Massnahmenpaket, das noch vorsichtig als Wunschliste bezeichnet wurde. In enger, partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit der Lieferfirma Bell-Escher Wyss AG wurden in der Folge für alle darin aufgeführten Problempunkte Lösungen erarbeitet. Aufgrund einer sorgfältigen Kosten-Nutzen-Analyse konnte daraus schliesslich der endgültige Instandhaltungsumfang festgelegt werden. Parallel dazu liefen die Studien zur Ermittlung des Leistungserhöhungspotentials.

Machbarkeitsuntersuchung

Diese Studien waren in mehrere Teilschritte unterteilt, um jederzeit in Kenntnis der Wirtschaftlichkeit den Entscheid über den nächsten Teilschritt fällen zu können. Als erstes wurde im Januar 1993 eine generelle Machbarkeitsuntersuchung angestellt. Aus dem Vergleich des Wasserkraftwerks Bannwil mit hydraulisch ähnlichen, aber moderneren Kraftwerken, wurde von Sulzer-Escher Wyss AG ein theoretisches Verbesserungspotential von rund 6% abgeschätzt (Bild 2). Dieser Wert versprach die wirtschaftliche Realisierung einer Leistungserhöhung, worauf die BKW im Juni 1993 den Auftrag zu einer vertieften Untersuchung mit Computersimulation an Sulzer-Escher Wyss AG erteilte. Dabei sollten drei verschieden weitgehende Erneuerungsvarianten (neue Turbinenschaufeln, neues Laufrad oder neues, vergrössertes Laufrad) miteinander verglichen werden. Die Ergebnisse dieser Studie wurden der BKW im Dezember 1993 vorgestellt. Sie bestätigten die optimistischen Werte der vorangegangenen Machbarkeitsuntersuchung mit einer Steigerung der durchschnittlichen jährlichen Stromproduktion von 3,3 bis 8,0%, je nach Variante. Die BKW-interne Beurteilung wies für die grösste Erneuerungsvariante die beste Wirtschaftlichkeit aus. In der zusammenfassenden Planungsstudie wurde daher der Antrag gestellt, die Variante «Neues, vergrössertes Laufrad» in einem Modellversuch zur Ausführungsreife zu entwickeln. Diesem Antrag stimmte die Geschäftsleitung der BKW im Mai 1994 zu. Die Versu-

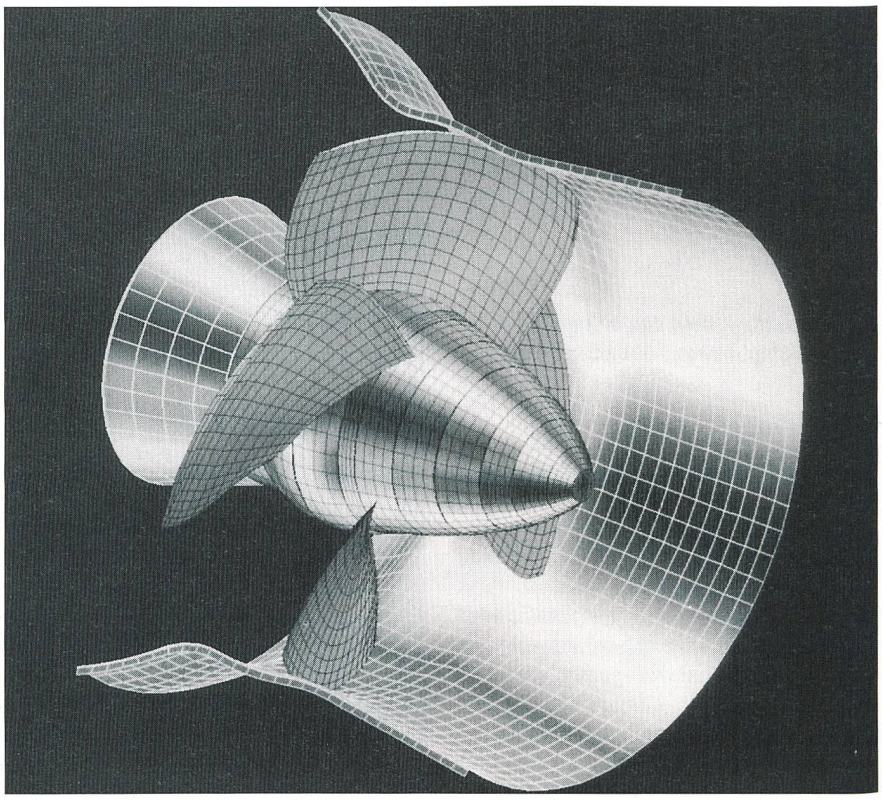


Bild 3 Neuentwurf des Rohrturbinen-Laufrades Bannwil auf CAD (Sulzer Hydro)

Anwendung von Strömungsnumerik und Modellversuch bei der Entwicklung des neuen Laufrades für Bannwil

Seit einigen Jahren werden bei Sulzer Hydro neue Laufräder sowohl für axiale als auch für radiale hydraulische Turbinen auf der Basis von numerischer Strömungssimulation entwickelt (Bild 3). Das verwendete Verfahren ist ein dreidimensionales Rechenverfahren, das auf der Erfüllung der Eulerschen Bewegungsgleichungen beruht. Für die numerische Lösung der Eulerschen Bewegungsgleichungen wird das Rechengebiet – der Strömungskanal zwischen zwei Laufradschaufeln – in ungefähr 10 000 finite Volumen unterteilt. Dabei wird die Gittereigenschaft genutzt, indem vorausgesetzt wird, dass der Strömungszustand, den man zwischen zwei Schaufeln findet, auch in den übrigen Schaufelkanälen vorliegt. Man untersucht also lediglich einen Schaufelkanal und berücksichtigt in den An- und Abströmgebieten den Einfluss der übrigen Schaufeln über eine Periodizitätsbedingung. Da die Berechnung der Strömung reibungsfrei erfolgt und somit keine Aussage über den Wirkungsgrad liefert, müssen die Resultate – mit Hilfe der Erfahrung und durch Vergleiche zwischen Modellversuch und Strömungsnumerik – interpretiert werden. Die Ergebnisse der Strömungsrechnung – Druck und Geschwindigkeit für jedes einzelne Volumen im Strömungsgebiet – verwendet der Entwicklungsingenieur zur Beurteilung der untersuchten Turbinenschaufel hinsichtlich Wirkungsgrad und Leistungsvermögen. Er kann dadurch das Verbesserungspotential bei bestehenden Kraftwerksanlagen ermitteln.

Mit der dreidimensionalen Strömungsnumerik verschiebt sich ein Teil der Entwicklungsarbeiten für Wasserturbinen vom Prüfstand zum Computer. Zur Realisierung optimaler Lösungen braucht es jedoch neben leistungsfähigen Computerprogrammen nach wie vor den Prüfstand für die Feinentwicklung und die Verifizierung und das Know-how im Bau von Wasserkraftwerken.

Rolf Grunder, Sulzer Hydro

che wurden darauf sofort aufgenommen, so dass die ersten Ergebnisse dieser Entwicklungsarbeit am Turbinenmodell vorliegen (Bild 2).

Weiteres Vorgehen

Wie geht es jetzt zeitlich weiter mit dem Erneuerungsvorhaben im Wasserkraftwerk Bannwil? Die Modellversuche wurden im August 1994 abgeschlossen. Parallel dazu läuft bei der BKW die Budgetierung der koordinierten Instandhaltungsarbeiten für die baulichen, elektrischen und mechanischen Anlageteile. Diese Gesamtschau wird in einem Vorprojekt bis Ende November 1994 zuhanden der Geschäftsleitung der BKW zusammengestellt. Vorausgesetzt, dass die erhoffte Genehmigung im Frühjahr 1995 ausgesprochen wird, kann bis Mitte 1995 ein Auftrag für die Generalrevision mit Leistungserhöhung an Bell-Escher Wyss AG erteilt werden. Dies würde erlauben, den Zeitplan mit Beginn der Erneuerungsarbeiten im Wasserkraftwerk Bannwil im Herbst 1996 einzuhalten. Die drei Turbinen-Generatorgruppen könnten so in den Wintern 1996/97 bis 1998/99 wie geplant revidiert werden. Damit wäre dann das Programm der BKW für die Leistungserhöhung ihrer Wasserkraftwerke abgeschlossen.

Es bleibt abschliessend festzustellen, dass sich das beschriebene systematische Programm zur Leistungserhöhung der 20- bis 30jährigen Wasserkraftwerke nahtlos in das Bestreben der BKW einfügt, die ganz alten Kraftwerke durch Neubauten zu ersetzen. So stehen die neugebauten Wasserkraftwerke Kallnach (1980), Spiez (1985) und Kandergrund (1991) bereits seit einigen Jahren zur vollen Zufriedenheit in Betrieb. Es bleibt damit nur noch das Wasserkraftwerk Mühleberg als ältere Anlage im Kraftwerkspark der BKW. Aufgrund seiner Bedeutung wurde dieses Kraftwerk allerdings laufend in kleinen Schritten modernisiert, so dass ein Neubau erst im Zeitraum von 2000 bis 2010 erforderlich werden wird. Die BKW hat somit mit den bisher getätigten Erneuerungsarbeiten die Zielsetzungen des Programms «Energie 2000» aus eigener Überzeugung erfüllt.

Literatur

[1] *Grein, Herbert*: Modernisierung und Umbau von Wasserkraftwerken: Moderne Laufradfertigung. Bulletin SEV/VSE, H. 2 (1994).

[2] *Keck, Helmut*: Strömungsrechnung und Modellversuche für Wasserturbinen. Bulletin SEV/VSE, H. 2 (1994).

Augmentation de la puissance de centrales hydrauliques

Programme de modernisation systématique des FMB

L'article traite du projet des Forces Motrices Bernoises (FMB) relatif à la révision générale et à l'augmentation de la puissance de la centrale hydraulique de Bannwil. Deux mois après que l'augmentation de la puissance des centrales hydrauliques de Niederried-Radelfingen et Aarberg eut été achevée avec succès, un nouveau projet de modernisation concret est prêt à être lancé dans le contexte de politique énergétique actuelle. Ce projet a pu être élaboré grâce à la rapide évolution de la simulation de machines hydrauliques sur ordinateur. Il convient ici de mettre en évidence le fait que c'est la première fois en Suisse que la puissance d'une centrale hydraulique équipée de groupes bulbes modernes sera augmentée, et ce au sens visé par le programme Energie 2000.

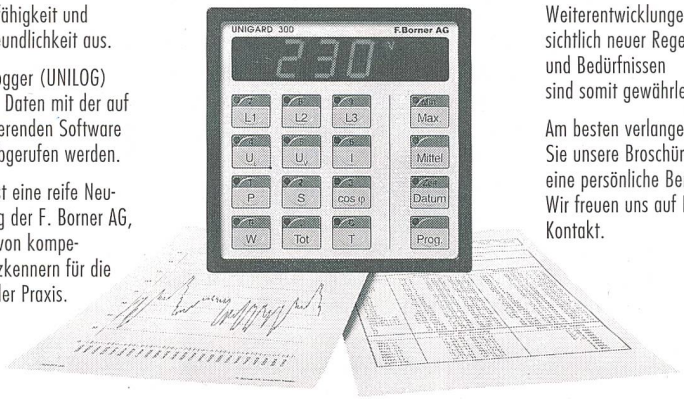
KEINER

gibt sich mit einem Stück zufrieden, wenn er das Ganze haben kann.

UNIGARD ersetzt alle herkömmlichen Zeigerinstrumente in elektrischen Anlagen. Spannungen, Ströme, Leistungen (klare Unterscheidung zwischen motorisch und generatorisch) usw. können mit UNIGARD gemessen, berechnet, registriert und jederzeit abgerufen werden. Nebst Min./Max.-Werten mit Zeitangabe des Eintretens, zeichnet es sich durch Leitsystemfähigkeit und Bedienerfreundlichkeit aus.

Via Datenlogger (UNILOG) können die Daten mit der auf EXCEL basierenden Software UNISOFT abgerufen werden.

UNIGARD ist eine reife Neuentwicklung der F. Borner AG, konzipiert von kompetenten Netzkennern für die Könner in der Praxis.



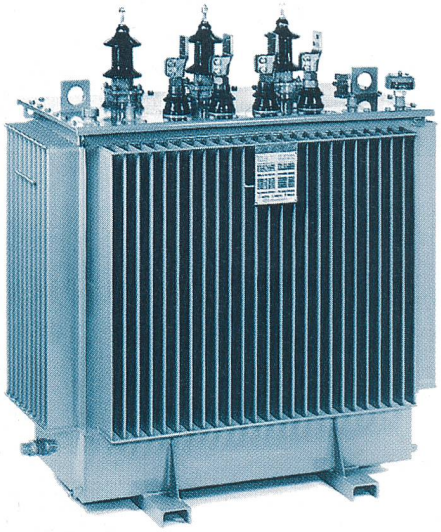
Weiterentwicklungen hinsichtlich neuer Regelungen und Bedürfnissen sind somit gewährleistet.

Am besten verlangen Sie unsere Broschüre oder eine persönliche Beratung. Wir freuen uns auf Ihren Kontakt.

UNIGARD von Borner.

F. Borner AG
Bereich Messtechnik
CH-6260 Reiden
Telefon 062 81 20 20
Telefax 062 81 29 38

Heben Sie diese Anzeige bis ins nächste Jahrtausend auf, denn auch dann wird dieser Verteiltransformator noch aktuell sein.



Kompakt, verlust- und geräuscharm.

Die oelgekühlten Verteiltransformatoren von Rauscher & Stoecklin bewähren sich seit Jahrzehnten als zuverlässige Elemente der Stromverteilnetze. Hinter den Kühlrippen verbirgt sich das Geheimnis, ein der neuesten Technik entsprechender und auf neuen leistungsfähigen Fertigungsanlagen gebauter Aktivteil. Die Magnetkerne werden im Steplap-Verfahren hergestellt. Die Transformatoren sind deshalb auch bei hohen Induktionen äusserst verlust- und geräuscharm.
Diese Eigenschaft wirkt sich auch dann positiv auf das Betriebsverhalten aus, wenn die Netzspannung bis zum Jahre 2003 auf 400 Volt angehoben wird. Rauscher & Stoecklin - Transformatoren werden einer umfassenden Fertigungs- und Ausgangskontrolle unterzogen - selbstverständlich mit Q-Zertifikat.

Fordern Sie unverbindlich weitere Informationen an.

RAUSCHER&STOECKLIN AG
CH-4450 SISSACH
ELEKTROTECHNIK
TELEFON 061/971 34 66
TELEFAX 061/971 38 58

RAUSCHER STOECKLIN

BIDER & MERZ