Umbau und Erweiterung von Wasserkraftanlagen: eine Tagung an der ETH-Zürich

Autor(en): **PD.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 13

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85436

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

leistungsstark werden. Ausserdem können beim Einsatz in Eisenbahntunneln zwei oder drei dieser Sägemaschinen auf einen Tiefladewagen aufgebaut werden.
Der Nachteil der geringeren Schneidleistung je Zeiteinheit der Sägemaschine mit Teleskoparm konnte durch Anordnung eines grösseren Abstandes der Sägeschnitte und Absprengen des dazwischenliegenden Mauerwerks ausgeglichen werden. Diese Sägemaschine ist auch für die Herstellung von Entwässerungsschlitzen und Schlitzen für Stahlbetonrippen vorteilhafter als die Steinsägemaschine mit Pendelrahmen.
Profilvergrösserungen von Eisenbahn- und Strassentunneln sowie von Stollen, die bisher vermieden werden mussten, sind durch die Steinsägemaschinen technisch richtige und wirtschaftliche Baumassnahmen geworden, die die Nutzung dieser Bauwerke während der Bauarbeiten nur wenig behindern. Schadhafte Auskleidungen müssen nicht mehr ausgebaut und erneuert werden; sie können durch profilgerechte Verstärkungsrippen aus Stahlbeton, die mit Hilfe der Steinsägemaschinen hergestellt werden, ausreichend tragfähig gemacht werden. Es können auch Abschnitte von Auskleidungen entsprechend der Tragfähigkeit der verbleibenden Bauteile grossflächig und auf grosse Tiefe abgetragen werden.
Die Steinsägemaschinen können auch für profilgerechte Querschnittsveränderungen bei Bauwerken aller Art eingesetzt werden.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. *J. Spang*, D-8135 Starnberg-Söcking, Waxensteinstr. 44

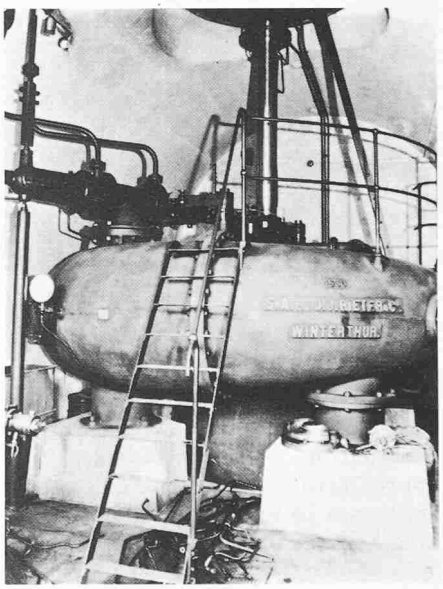
Energietechnik/Wasserkraftwerke

Umbau und Erweiterung von Wasserkraftanlagen

Eine Tagung an der ETH-Zürich

Die Elektrizitätswirtschaft befindet sich zur Zeit in einer «Intensivkur» mit dem Ziel der Neuorientierung auf der Erzeugungsseite: Es gilt, Strom möglichst umweltfreundlich zu produzieren – soweit das überhaupt geht.
In der Schere zwischen dem allgemein zunehmenden Elektrizitätsverbrauch und der zunehmenden Ablehnung vieler konventioneller Elektrizitätserzeugungsverfahren durch eine teilweise übersensibilisierte Öffentlichkeit – nicht nur die Verstromung von Kernenergie, sondern auch von Öl und Kohle wird in Frage gestellt – bleibt den Kraftwerken im wesentlichen nur die Verstromung von Wasserkraft als allgemein akzeptierten Weg der Stromerzeugung. Bei der Verwirklichung neuer Projekte werden aber auch diese wegen der oft unvermeidbaren Landschaftsveränderungen ebenfalls heftig bekämpft.

Die «hydraulische» Stromerzeugung hat ihre besonderen Probleme. So sind in den meisten Ländern Europas die Wasserkräfte weitgehend schon genutzt. Die ausgebauten Anlagen sind ausserdem zu einem grossen Teil schon so weit gealtert, dass sie *Verjüngungskuren* dringend benötigen. Angesichts der vergangenen und der gegenwärtigen energetischen Engpässe liegt es daher im öffentlichen Interesse, den *«Umbau und die Erweiterung von Wasserkraftanlagen»* möglichst rasch an die Hand zu nehmen. So konnte es nicht sonderlich erstaunen, wenn an der ersten internationalen Fachtagung zu diesem Thema (28. Febr.–2. März, ETHZ; Veranstalter: *Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie* an der *ETHZ* und *Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband)* die Zahl der Anmeldungen die Erwartungen weit überstieg.
Für die Schweiz bildete dieses Symposium während des Zentenariums der «Wasserkraftverstromung» sozusagen einen Markstein in der Entwicklung: Vor hundert Jahren nämlich wurde in *St. Moritz* das *erste Wasserkraftwerk des Landes mit 180 PS Leistung* zur Beleuchtung eines Hotels gebaut. Heute hat der Ausbau der Wasserkräfte in der Schweiz das Optimum erreicht. Parallel zum weiteren Ausbau muss aber dringend der Anlagenbestand erneuert werden, der zunehmend ins «Reparaturalter» gelangt, und dessen Erhaltung dem Land den grössten Teil seines Elektrizitätsbedarfs aus eigenem Aufkommen sichert.
Die Entwicklung der Wasserkraftnutzung zur Stromerzeugung verlief nach der Einführung zunächst sehr zögernd: Bis 1900 wurden nur erst 14 Megawatt Leistung installiert. In den nächsten 30 Jahren allerdings wuchs die installierte Leistung um rund das Hundertfache auf knapp 1500 Megawatt, dann in weiteren 30 Jahren (bis 1960) wurde sie knapp vervierfacht (auf 5600 Megawatt) und bis 1975 (in 15 Jahren) noch knapp verdoppelt (auf 11 300 Megawatt). In letzter Zeit hat sich das Tempo wesentlich verlangsamt, im Jahre 1977 wurde das letzte grosse Wasserkraftwerk fertiggestellt, neue Projekte sind nicht im Bau, sondern höchstens in der Diskussion. Es handelt sich um Vorhaben, welche die installierte Leistung möglicherweise noch um 20 Prozent erhöhen werden, doch – wenn überhaupt



Ersatz einer Francis-Turbine im Kraftwerk Ölberg der Entreprises Electriques Fribourgeoises an der Saane nach etwa 70 Betriebsjahren. Anstelle von drei Gruppen werden neue eingebaut, wodurch die Energieproduktion der Anlage um über 6 Prozent gesteigert werden kann

– nur sehr langsam realisiert werden können. Zwar sollte theoretisch die Energie des in der Schweiz fallenden Niederschlags ausreichen, um fünfmal soviel Wasserkraftleistung zu installieren wie bisher, (wie durch das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft berechnet), doch eine so vollständige Nutzung wäre Illusion. Ähnlich wie in der Schweiz präsentiert sich die Lage in den übrigen hochindustrialisierten Ländern Europas, die ihre «hydraulische Energie» ebenfalls meist schon weitgehend ausgebaut haben und darauf eine nennenswerte Kapazität aufgebaut haben wie *Schweden* (installierte Leistung rund 13 000 Megawatt) oder *Frankreich* (rund 18 000 Megawatt).
Die entscheidende Expansion erlebt die Wasserkraft jetzt in Übersee, wo sich die Bauten von Grosskraftwerken mit

immer höherer Leistung jagen: Den Rekord wird das *Itaipu-Kraftwerk* an der *Grenze zwischen Brasilien und Paraguay* erreichen. Mit einer Leistung von 14 000 Megawatt wird es das grösste der Erde sein und mehr Leistung als alle schweizerischen oder schwedischen Kraftwerke zusammen aufweisen.

Im jetzigen Ausbauzustand decken die schweizerischen Wasserkraftwerke rund *vier Fünftel des Strombedarfs* des nationalen Energiebedarfs (den Rest liefern Kernkraftwerke) und ermöglichen vor allem in wasserreichen Jahren einen gewissen Stromexport. Die günstige Selbstversorgung mit Strom wird nicht nur durch den ständigen Verbrauchsanstieg, sondern auch durch die zunehmende Alterung der Wasserkraftwerke in Frage gestellt. Zur Erneuerung ist es jetzt Zeit, soll die inländische Stromversorgung soweit wie möglich gesichert werden. – Die übrigen europäischen Länder mit weitgehend ausgebauter Wasserkraft stehen vor der gleichen Situation.

Die Zürcher Tagung gab keine gezielten technischen Richtlinien für diese Probleme. Dazu sind die Verhältnisse in den einzelnen Werken zu unterschiedlich, bedingt durch örtliche Gegebenheiten der Topographie, der Geologie, der Hydrologie und der Besiedlung. So musste jedes Werk individuell geplant und gebaut werden und weist daher auch individuelle Probleme auf. Gemeinsam sind nur gewisse Grundsatzfragen, zahlreiche Berichte über realisierte Lösungen sollen vor allem Anregung zu neuen Lösungen geben.

Man kann mit einer Lebensdauer der Anlageteile eines Wasserkraft-Werkes zwischen 100 bis 150 Jahre (Talsperren, Stollen, Kanäle) über 40 bis 60 Jahre, (Stauwehre, Druckrohre, Turbinen) bis zu 15 bis 25 Jahren (Batterien, Steuereinrichtungen) rechnen. Das sind jedoch grobe Richtwerte, die nur eine Vorstellung davon geben sollen, innerhalb welcher Zeiträume sich die Erneuerungen abzuspielen haben.

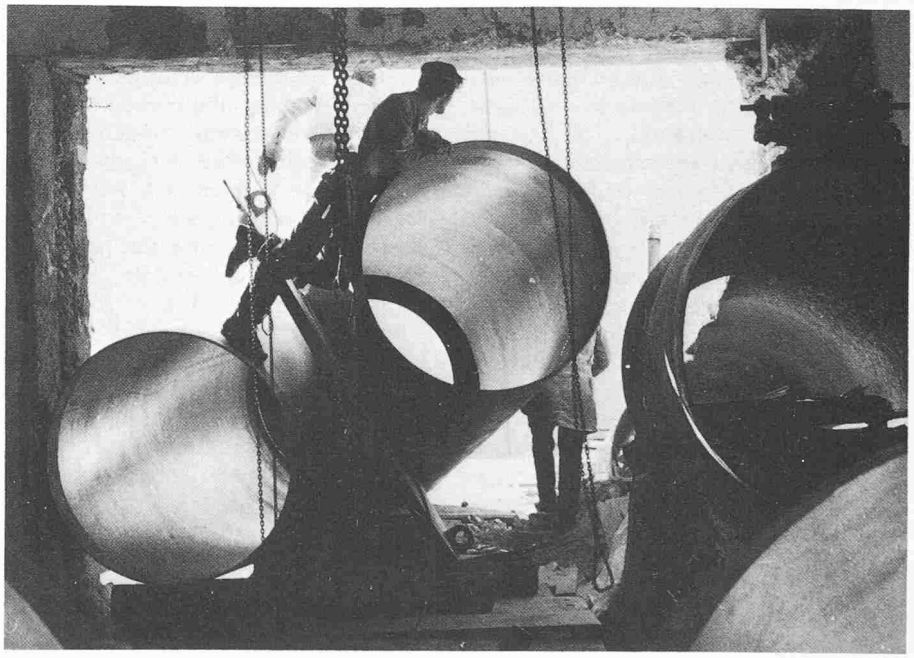
Im einzelnen jedoch sind die Probleme komplexer. Manche Teile sind, obwohl theoretisch überaltert, noch heute haltbarer als entsprechende jüngere Anlageteile: so sind die alten Druckrohre, die in den zwanziger Jahren genietet konstruiert wurden, heute noch voll intakt, während die 10 oder 20 Jahre jüngeren Druckrohre aus der Frühzeit der Schweisstechnik (als der Grundwerkstoff an der Schweissnaht noch versprödete) oft dringend ersetzt werden müssen. Andere Bauteile sollten aus Rationalisierungsgründen schon ersetzt werden, um das ablaufende Wasser besser zu fassen (Wehre) oder leistungsmindernde Reibungsverluste zu verhindern (z. B. gewisse Druckleitungen oder Leitungsstollen) oder die Wasserkraft rationeller zu nutzen, was vor allem für viele ältere Turbinen zutrifft.

Die Entwicklung der Turbinen hat in den letzten Jahrzehnten besondere Fortschritte gemacht. Die Wirkungsgrade mancher Typen konnten um bis zu 15 Prozent gesteigert werden. Ausserdem laufen in vielen Werken Turbinentypen wie die Propellerturbinen, die nur bei Vollauslastung die Strömungsenergie mit vollem Wirkungsgrad (bis 90 und 92 Prozent) in Strom umwandeln und bei Teilauslastung wesentlich schlechter arbeiten. Ihr Ersatz durch moderne Typen (sogenannte «Kaplan»- und «Rohr»-Turbinen) würde zu einer rationelleren Nutzung der Wasserkräfte führen.

Über die «Erneuerung» hinaus wird schon heute in vielen Fällen die *Steuerung* älterer Wasserkraftwerke zunehmend automatisiert (Elektronik, Mikroprozessoren). Durch die automatisierte Lenkung des Betriebes – Regulierung des Wasserzuflusses, Zu- und Abschaltung von Maschinensätzen, Regelung des Anlaufs von Maschinensätzen, Fernkontrolle – ergibt sich neben der Einsparung von Überwachungskosten meist eine gewisse Produktionssteigerung, d. h. ein Rationalisierungseffekt.

Nach dem jetzigen Stand der Erfahrungen aus Erneuerungsprogrammen und Schätzungen von Escher-Wyss wird durch die «Wiederverjüngung» der Wasserkraftwerke eine Mehrerzeugung von rund 10 Prozent der jetzigen Jahresproduktion an elektrischem Strom erzielt werden können –, das ohne nennenswerte Installation von Mehrleistung. Den entscheidenden Anteil dabei dürfte auf die *Turbinen-Modernisierung* entfallen.

Allerdings wird sich die Anlageerneuerung – die den Stromverbrauchszuwachs von zwei bis drei Jahren decken könnte – über Jahrzehnte hinausziehen, d. h. erst *auf lange Sicht* zum Tragen kommen, so dass zusätzlich andere Wege zur Sicherung des wachsenden Verbrauchs eingeschlagen werden müssen. Freilich wird etwa gleichzeitig mit dem Erneuerungsvorhaben und der Stabilisierung das Gros dieser Kraftwerke nach und nach den Betrieb einstellen: Das sind die zahlreichen «Kleinkraftwerke» mit Leistung von weit weniger als einem Megawatt, die in den Frühzeiten der Wasserkraft-Verstromung entstanden und oft andere Wasserkraftnutzungen für Mühlen, Sägen oder Eisenhämmer ersetzten: heute gibt es deren rund 1500 (neben 435 «Gross-Wasserkraftwerken»), sie bilden nur einen bescheidenen Rest von rund 6000 derartigen Kleinkraftwerken, die vor 50 Jahren noch arbeiteten. Die Kleinanlagen, im Nebenbetrieb ohne eigenes Personal arbeitend, liefern nur rund 0,5 Prozent der in der Schweiz hydraulisch erzeugten Elektrizität und dürften als *unrationell* langsam verschwinden. In anderen Ländern gibt es ähnliche «historische Reste» alter Wasserkraftnutzung, so in Schweden, wo man sie jedoch nicht verschwinden lassen will, obwohl dort die rund 1400 Kleinkraftwerke auch nur etwa 2 Prozent der Elektrizitätserzeugung liefern. Man will auch in Schweden die jetzige Kilowattstunde hydraulischer Elektrizität nutzen und entwickelt ein eigenes Programm zur Erneuerung der Minikraftwerke mit standardisierten Maschinensätzen, voller Automatisierung und Aussicht auf staatliche Subventionen zur Erhaltung der finanziell unrentablen Kapazitäten. *PD.*



Für das Kraftwerk Küblis im Bündnerland wurden drei 57 bzw. 51 Jahre alte Druckleitungen durch eine einzige, grössere Leitung ersetzt. Durch eine Montageöffnung im Apparatehaus schieben Monteure ein sperriges Hosenrohr (Verzweigungsstück) zentimetergenau ein. Dank der neuen Druckleitung kann die Energieproduktion dieser Wasserkraftanlage wieder auf Jahre hinaus gesichert werden