

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 59 (1968)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Besondere Probleme beim Bau der Zemmkraftwerke und ihre Lösung  
**Autor:** Nyvelt, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057410>

### **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:** 09.01.2026

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

# Besondere Probleme beim Bau der Zemmkraftwerke und ihre Lösung

Von F. Nyvelt, Salzburg

621.311.21(436)

Beim Bau von Wasserkraftwerken im allgemeinen und bei Hochdruckkraftwerken im speziellen müssen immer wieder neue Lösungen gesucht werden, um den topographischen Verhältnissen Rechnung zu tragen. In dem Artikel werden einige Probleme und die dazugehörigen Lösungen beim Bau der Zemmkraftwerke beschrieben: Francis-Turbinen für ein mittleres Gefälle von 650 m — bisher wurden für dieses hohe Gefälle nur Pelton-Räder verwendet —; spezielle Konstruktion von Wasserschlössern und ihre Überwachung, um die Dimensionierung so wirtschaftlich als möglich zu halten; Steuerung und Überwachung von Absperrorganen beim Triebwasserstolleneinlauf unter Zuhilfenahme der Fernwirktechnik und des Industriefernsehens, da die Zugänglichkeit im Winter nicht immer gewährleistet ist. Auch der technische Fortschritt findet Berücksichtigung, und es werden neue Lösungen für die Erregung der Generatoren in Mayrhofen und in Rosshag sowie die zentrale Überwachung der Sperrenbauwerke und auch eine Datenerfassungs- und -verarbeitungsanlage kurz beschrieben.

Lors de la construction d'usines hydrauliques en général, et d'usines à haute pression en particulier, il faut sans cesse rechercher des solutions nouvelles tenant compte des conditions topographiques. L'article décrit certains problèmes et leurs solutions lors de la construction des usines électriques de Zemm: turbines Francis pour chutes moyennes de 650 m — jusqu'à présent on n'utilisait pour ces chutes élevées que des roues Pelton; construction spéciale des châteaux d'eau et leur surveillance afin de leur conférer un dimensionnement aussi économique que possible; commande et surveillance des vannes d'arrêt à l'aide de la technique de commande à distance et de la télévision industrielle du fait que leur accès n'est pas toujours assuré en hiver. Le progrès technique a également été convenablement considéré et l'on décrit brièvement des solutions nouvelles pour l'excitation des générateurs à Mayrhofen et à Rosshag et la surveillance centralisée des barrages ainsi que l'installation électronique destinée au traitement de l'information.

Beim Bau von Wasserkraftwerken im allgemeinen und beim Bau von Speicher-Hochdruckkraftwerken im besonderen treten immer wieder Probleme allein durch die Tatsache auf, dass sich die Konzeption und Projektierung nach den topographischen und geologischen Verhältnissen zu richten hat. Vielfach muss der Techniker die bestehenden Grenzen überschreiten, um dieser Probleme Herr zu werden. Nachstehend soll über einige Aufgaben und deren Lösungen beim Bau der Zemmkraftwerke berichtet werden. Bevor aber darauf näher eingegangen werden kann, wird zum besseren Verständnis das Gesamtprojekt kurz erläutert.

## Kurzbeschreibung der Zemmkraftwerke [1]<sup>1)</sup>

Die Zemmkraftwerke werden in einer zweistufigen Anlage die Abflüsse des Zemm- und des Zamsertales mit ihren Nebenbächen, die Floite und die Stillupe nützen, wobei vorgesehen ist, zu einem späteren Zeitpunkt den Tuxbach als Beileitung zu dem jetzigen Projekt auszubauen. Weiterhin ist projektiert, die Kraftwerkgruppe durch die Einbeziehung des Zillers, der einen eigenen Speicher im Zillergründl erhalten soll, zu vergrößern. Das Wasser aus diesem Speicher wird im Kraftwerk Häusling abgearbeitet und von dort dem Stillupspeicher zugeleitet werden. Die genannten Bäche und Täler liegen im Bereich des Tauernhauptkammes im hinteren Zillertal.

In Fig. 1 ist der Höhenschnitt des derzeit in Ausführung begriffenen Projektes wiedergegeben.

Der Speicher im Schlegeisgrund wird durch eine 131 m hohe, elliptisch gekrümmte Sperre gebildet werden, sein maximaler Wasserinhalt kann  $127,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  betragen. Ausser den Zuflüssen aus dem umliegenden Gebiet wird der Speicher noch durch die Beileitung des oberen Zemmbaches durch einen rund 5 km langen Stollen gespeist. Weiters werden in dem vom Speicher ausgehenden, 7,7 km langen Druckstollen Seitenbäche eingeleitet und der Energieerzeugung nutzbar gemacht. Das Stauziel des Schlegeisspeichers liegt auf Kote 1782 m. Das Wasser wird über einen Druckschacht dem Kraftwerk Rosshag zugeführt, in den dort aufgestellten vier Maschinensätzen zu je 57,5 MW verwertet und über einen 8 km langen Stollen zum Speicher Stillup geführt. Der Nutzinhalt dieses Speichers beträgt im Maximum  $4,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ; er wird durch einen 22 m hohen Materialdamm gebildet. Ein Stollen von 3,3 km Länge führt weiter zum Wasserschloss, wo dann ein

Druckschacht anschliesst, der zu den fünf Maschinensätzen im Kraftwerk Mayrhofen führt.

Das mittlere Gefälle zwischen den Speicherschwerpunkten beträgt 636,5 m, die maximal erreichbare Gefällshöhe 676 m. Das Rohgefälle der Stufe Mayrhofen zwischen Stillupspeicher und Krafthaus Mayrhofen wurde mit 467,5 m ermittelt.

Die maximal zu verarbeitende Wassermenge im Maschinenhaus Rosshag beträgt  $52,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , während im Maschinenhaus Mayrhofen bei fünf Maschinen  $76 \text{ m}^3/\text{s}$  verarbeitet werden können. Mit dem Ausbau des Zillers und der Zillerkraftwerke wird in Mayrhofen ein sechster Maschinensatz aufgestellt werden; die Wassermenge steigt dann im Maximum auf  $92 \text{ m}^3/\text{s}$  an. Es darf dabei am Rande vermerkt werden, dass diese Wassermenge für den Ziller bis zu seiner Einmündung in den Inn eine erhebliche zusätzliche Belastung darstellt und dass daher von der Wasserrechtsbehörde die Regulierung des Zillers noch vor Betriebsaufnahme vorgeschrieben wurde. Zu diesem Regulierungsbauvorhaben hat die Tauernkraftwerke AG einen erheblichen Beitrag zu leisten.

## Die Turbinen im Maschinenhaus Rosshag

Die topographischen Verhältnisse machen es notwendig, das Wasser für das Kraftwerk Rosshag nicht nur von der Oberseite her durch einen Stollen zuzuleiten, sondern auch die Ab- und Weiterleitung des Wassers zum Kraftwerk Mayrhofen durch einen Stollen vorzunehmen. Dazu kommt noch, dass im Kraftwerk Rosshag die Maschinensätze zusätzlich je eine Speicherpumpe erhalten, so dass der mehr als 8 km lange Stollen zum Stillupspeicher auch als Zulaufstollen für die Pumpen dienen wird. Die Verwendung von Peltonrädern schied daher aus und es mussten Francis-Turbinen gewählt werden. Damit war jedoch ein erheblicher Entwicklungssprung zu überwinden, da bisher Francis-Turbinen nur bis zu einem höchsten Gefälle von 522 m (Kraftwerk Ferrara) zur Anwendung kamen.

Die der Lieferfirma vorgegebene und der Berechnung zugrunde gelegte Bruttofallhöhe schwankt zwischen 560 und 674 m. Die Turbinenleistung beträgt je Maschine 58,4 MW und die Drehzahl 750 U./min. Durch Wasserschloßschwingungen bei grösstem Gefällsunterschied zwischen dem Schlegeis- und dem Stillupspeicher kann die Gefällshöhe 732 m erreichen. Die für diesen Punkt berechnete dynamische Durchgangsdrehzahl beträgt 1310 U./min. Der grösste Wirkungsgrad wurde mit 91,4 % von der Lieferfirma garantiert.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.



leistung der Pumpe bestimmt, die also mit den in der Triebwasserführung zu- oder abfliessenden Wassermengen während oder nach Schaltvorgängen nicht übereinstimmt. Die Differenzwassermenge, die je nach Schaltvorgang und Fliesszustand positiv oder negativ sein kann, muss vom Wasserschloss abgegeben oder aufgenommen werden können.

Die Situierung des Maschinenhauses Rosshag in der Mitte der Triebwasserführung zwischen den beiden Speichern – sie erfolgte aus topographischen und wirtschaftlichen Gründen – erfordert je ein Wasserschloss auf beiden Seiten der Maschinen zum Auffangen der Schwingungsvorgänge in den Druckstollenabschnitten bis zum Speicher.

Die beiden Wasserschlässe werden als Zweikammerwasserschlässe ausgebildet, wobei die obere Kammer für die Aufnahme der den Verbrauch bei den Maschinen übersteigenden Zuflussmengen, die Unterkammer zur Deckung des den Zufluss übersteigenden Verbrauches dient. Die Kammerinhalte sind von der in der Triebwasserführung zwischen Speicher und Wasserschloss fliessenden Wassermenge und dem Abstand der Höhenlage der Drucklinie für den stationären Fliesszustand von der Kammer abhängig. Da sich unter ungünstigen Verhältnissen oft grosse Kammerinhalte ergeben, ist man schon seit Jahrzehnten bestrebt, durch Ausbildung von Sonderformen, wie Differentialwasserschlässe oder den Einbau von Durchflusswiderständen, eine Reduktion der Kammerinhalte herbeizuführen. Die extremen Verhältnisse beim Kraftwerk Rosshag (lange Triebwasserführung, grosse Wassermenge, rasche und jederzeit durchführbare Umschaltungen) zwangen zur Beschreitung teilweise neuer Wege und zu eingehenden Untersuchungen, die im Detail noch nicht abgeschlossen sind.

Für das zwischen dem Speicher Schlegeis und dem Maschinenhaus Rosshag liegende Wasserschloss Pitzenalm wurde eine sog. Rückströmdrossel, wie sie im Kraftwerk Kaunertal erstmals bei einem Wasserschloss eingesetzt wurde, zwischen der Unterkammer und dem Schrägschacht des Wasserschlosses angeordnet. Diese Rückströmdrossel weist in den beiden Durchflussrichtungen verschiedene Fließwiderstände auf, und zwar ist der Durchflusswiderstand in Richtung Unterkammer

etwa 40mal so gross wie in der Gegenrichtung<sup>2)</sup>. Dies bedeutet, dass bei entsprechenden Schaltvorgängen das in Schrägschacht und Oberkammer befindliche Wasser langsamer in die Unterkammer nachfliesst, als der Ausfluss aus der Unterkammer erfolgt. Dadurch entsteht in der Unterkammer sehr rasch ein freier Wasserspiegel und eine grosse Druckdifferenz zu jener Druckhöhe, die dem jeweiligen Fliesszustand im Druckstollen entsprechen würde. Diese rasch hergestellte Druckdifferenz trägt zur schnelleren Beschleunigung der im Druckstollen befindlichen Wassermassen bei. Selbstverständlich muss nicht nur eine entsprechende Belüftung der Unterkammer vorgesehen werden, sondern auch das Ausfliessen des in Schrägschacht und Oberkammer gespeicherten Wassers vor voller Entleerung der Unterkammer sichergestellt sein. Die rasche Beschleunigung der Wassermenge im Druckstollen führt zu einer rascheren Dämpfung der Schwingung, so dass sich mehrmals wiederholende Schaltvorgänge nicht mehr wesentlich auswirken.

Aus dem oben Geschilderten ergibt sich aber auch, dass die Wirksamkeit der Rückströmdrossel mit der Höhe der möglichen Spiegelschwankungen im Wasserschloss steigt. Beim Wasserschloss Pitzenalm weisen die beiden Kammern einen Höhenunterschied von fast 180 m auf. Beim Wasserschloss Rosshag, das zwischen Maschinenhaus und Stillupspeicher liegt, beträgt dieser Höhenunterschied jedoch nur knapp 65 m; eine Rückströmdrossel wäre hier nicht mehr wirtschaftlich. Um dennoch Einsparungen in den Baukosten zu erzielen, ist die Unterkammer als Teil der Triebwasserführung zum Stillupspeicher ausgebildet und wird auch im stationären Betrieb ständig durchflossen. So konnte der normale Druckstollen über die Länge der Unterkammer, das sind immerhin 370 m, eingespart werden. Die Unterkammer hat an beiden Enden eine Entlüftung, so dass sie wie ein kleiner Zwischenspeicher wirkt, wenn der Wasserspiegel gerade in der Unterkammer liegt. Auch hier galt es, eine Reihe von hydraulischen Sonderproblemen zu lösen.

Um die Wirtschaftlichkeit der gewählten Ausführung aufzuzeigen, sei erwähnt, dass durch die Anordnung der Rückströmdrossel beim Wasserschloss Pitzenalm das Volumen der Oberkammer von 11 000 m<sup>3</sup> auf 4500 m<sup>3</sup> und das der Unterkammer von 14 000 m<sup>3</sup> auf 4000 m<sup>3</sup> verringert werden konnte. Diesen Kubaturminderungen entsprechen Baukostenminderungen

<sup>2)</sup> Die Änderung der Durchflusswiderstände in den beiden Fliessrichtungen wird ohne Verwendung beweglicher Teile durch eine Ausbildung erreicht, deren hydraulisches Prinzip auf eine Drosselvorrichtung zurückgeht, die Thoma, München, 1936 erstmals als Einschaltung in Rohrleitungen vorgeschlagen und untersucht hat. Sie besteht, ähnlich dem Spiralgehäuse einer Überdruckturbine, aus einer Spirale mit tangentiell einmündendem Konus und achsial anschließendem Saugrohr. Dadurch wird bei einer Durchflussrichtung, die dem Abschwngen im Wasserschloss entspricht, ein Rotationswirbel und damit ein hoher Druckverlust erzwungen, während der Widerstand in der anderen Durchflussrichtung relativ klein bleibt und damit grosse Überdrücke vermieden werden. Besondere Beachtung ist dabei auf eine wirksame Belüftung der Rückströmdrossel und der Unterkammer zu legen, um die Bildung von Unterdrücken und Kavitationserscheinungen weitgehendst auszuschalten (Fig. 2).

Auch im Wasserschloss Mitterboden oberhalb des Kraftwerkes Mayrhofen wird eine Rückströmdrossel eingebaut.

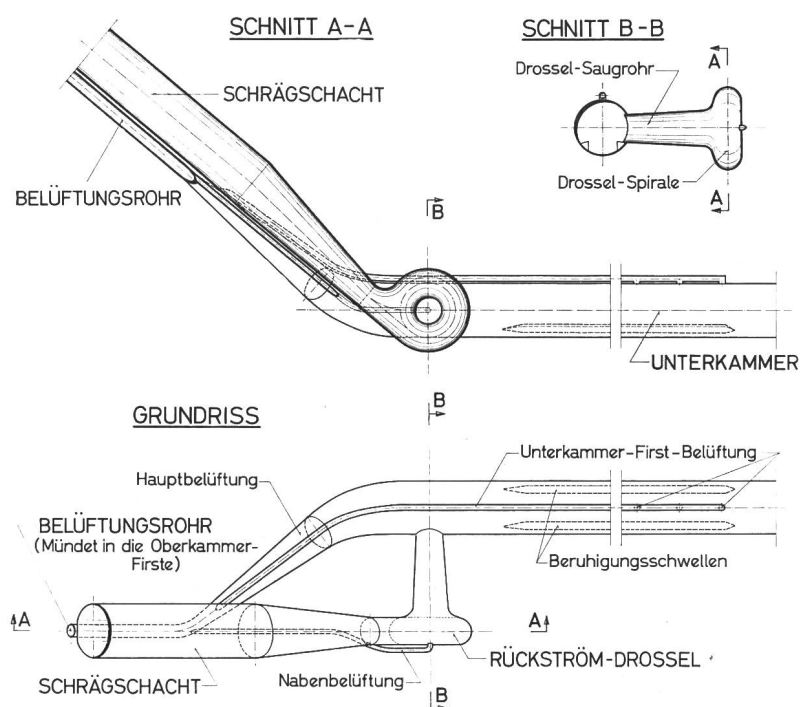


Fig. 2  
**Rückström-Drossel**  
Schematische Darstellung

gen von etwa S 11000000.— während für die Ausbildung der Rückströmdrossel nur etwa S 5000000.— erforderlich sind. Durch den Entfall des Druckstollens im Bereich der Unterkammer des Wasserschlosses konnten weitere Einsparungen in der Höhe von etwa S 5000000.— erzielt werden.

Die verschiedenen Schwingungszeiten, die sich aus der verschiedenen Ausbildung der beiden Wasserschlösser ergeben, wirken dämpfend auf das Gesamtsystem, so dass Resonanzschwingungen zwischen den beiden Wasserschlossern ausgeschlossen sind. Für die Kontrolle des Verhaltens der Rückströmdrossel in den beiden Durchflussrichtungen wurden Modellversuche in der Versuchsanstalt der Tauernkraftwerke AG, für das Zusammenwirken der beiden Wasserschlösser Versuche im Institut für konstruktiven Wasserbau der Technischen Hochschule Wien durchgeführt, so dass die hydraulischen Verhältnisse im wesentlichen als geklärt angesehen werden können.

### **Wasserschlossüberwachung**

Wenn auch die Wasserschlösser nach den normalen Betriebsanforderungen dimensioniert sind, können doch Extremfälle eintreten, wo Betriebszustände bei ungünstiger Lage des Wasserspiegels im Wasserschloss eingeleitet werden und dadurch unerwünschte Entwicklungen hinsichtlich der Schwingungen im Wasserschloss fördern. Die Wahrscheinlichkeit, dass derartige Fälle eintreten, ist gering, aber nicht ausgeschlossen. Damit hier die notwendige Sicherheit erreicht wird, wurde eine Überwachungseinrichtung vorgesehen, die aus der augenblicklichen Wasserstandshöhe und der dazugehörigen Änderungsgeschwindigkeit die zu erwartende Schwingungsamplitude ermittelt. Bei Überschreitung eines kritischen Wertes wird die Steuerleitung «Turbine öffnen» auf eine gewisse Zeit gesperrt. Diese Zeit ist nicht sehr lang, sie wird ca.  $\frac{1}{2}$  min. betragen. Es werden mit dieser Einrichtung nicht nur schwingungsanfachende Impulse verhindert, sondern auch dämpfende Wirkungen erzielt. Diese Massnahme dient unter anderem auch dazu, die Dimensionen der Wasserschlösser in wirtschaftlichen Grenzen zu halten.

### **Steuerung und Überwachung der Absperrorgane der Stollenverschlusskammer mit Mitteln der Fernwirktechnik und mit zusätzlichem Einsatz einer Industriefernsehanlage**

Bei Wasserkraftwerken wird schon seit vielen Jahren der Schliessbefehl auf die Hauptabschlussorgane und die Sicherheitsverschlussorgane in den Triebwasserleitungen über Fernsteuerung gegeben. Dagegen wird der Füllvorgang von Druckstollen und Druckschächten und die Öffnung der Absperrorgane, abgesehen von wenigen Ausnahmen bei kleinen Anlagen, bis heute in der Regel noch durch Betätigung der entsprechenden Organe vor Ort, also vom örtlichen Steuerstand aus vorgenommen. Nach dem derzeitigen Stand der Technik kann man jedoch heute ohne Risiko auch diese Manipulationen und Massnahmen mit einer entsprechend ausgelegten Fernbedienungsanlage, die die notwendigen Fernsteuer-, Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen enthält, ausführen.

Der Entschluss der Betriebsleitung, den Füllvorgang einer Triebwasserleitung nach dem Ansprechen einer Sicherheitseinrichtung anzuordnen, bleibt mit der gleichen Verantwortung belastet, gleichgültig, ob jetzt die Absperrorgane vor Ort oder über die Fernsteuerung betätigt werden. Als zusätzliche Überwachungseinrichtung für diesen Fall ist in der Stollenver-

schlusskammer eine Industriefernsehkamera vorgesehen, die geschwenkt und verfahren werden kann und durch visuelle Beobachtung dem über die Fernwirkleinrichtung steuernden Bedienungsmann die Anlage näher bringt. Die Betätigung der Abschlussorgane in den Triebwasserleitungen bei Kraftwerken von der Bedeutung der Zemmkraftwerke muss auch in Öffnungsrichtung jederzeit sichergestellt sein. Das erfordert eine ständige Erreichbarkeit der Anlagen. Da ein wintersicherer Zugang zum Sperrbereich Schlegeissperre nicht gegeben ist bzw. nur mit grossem baulichen Aufwand erkaufte werden kann, ist die Wirtschaftlichkeit einer Fernwirkanlage besonders gross.

Die Steuereinrichtungen vor Ort, die über die Fernsteuerung betätigt werden sollen, müssen durch Verriegelungen und Abhängigkeiten in dem örtlichen Stellbereich bereits sicherstellen, dass unzulässige Kommandos nicht zur Ausführung kommen. Bei Störungen in der örtlichen Steueranlage muss es allerdings möglich sein, gewisse Abhängigkeiten zu umgehen, d.h. auf die an sich vorhandene Verriegelung zu verzichten. Diese Aufhebung der Abhängigkeiten muss ebenfalls über die Fernsteuerung möglich sein. Die Bewegung der Stellglieder wird kontinuierlich erfolgen können, d.h. die Bewegung kann in jeder beliebigen Lage angehalten werden und wird aus jeder beliebigen Lage heraus möglich oder umkehrbar sein. Dies gilt sowohl für die Hauptabsperroorgane als auch für den Füllschieber.

### **Zentrale Überwachung der Sperrbauwerke Dämme und Staumauern**

Die Beobachtung des Verhaltens von Talsperren zum Zwecke der Überwachung des fertiggestellten Bauwerkes führte zur Entwicklung spezieller Messgeräte. Die durch die Talsperrenmesstechnik von dem Stillupdamm und der Schlegeissperre gewonnenen Messwerte sollen mit Mitteln der Fernwirktechnik ohne Genauigkeitsverluste in das Kraftwerk Mayrhofen bzw. Rosshag übertragen und zentral registriert werden. Diese Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse stellt nicht nur eine Rationalisierung der Überwachung, sondern durch die Kontinuität der Abfrage eine wesentliche Erhöhung der Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit der Beobachtungsergebnisse dar.

### **Datenerfassungs- und Verarbeitungsanlage für die Zemmkraftwerke**

In der Zentralwarte der Zemmkraftwerke in Mayrhofen soll eine Datenverarbeitungsanlage eingesetzt werden, die die Aufgabe hat, alle in den Zemmkraftwerken Mayrhofen, Rosshag und später auch Häusling erfassten Stellungsmeldungen, Störmeldungen, Messwerte und Zählerstände automatisch, spontan oder zu bestimmten Zeiten zu registrieren. Darüber hinaus werden von dieser Einrichtung verschiedene Rechenaufgaben für die optimale Speicherbewirtschaftung durchgeführt werden. Ausserdem werden die Zählerstunden-, Tages-, Wochen- und Monatssaldi gebildet, wodurch sich eine automatische Überwachung von Zählerstörungen ergibt. Die Registrierung der verschiedenen Daten wird im Klartext auf entsprechenden Formularen erfolgen. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil, den der Einsatz einer solchen Einrichtung bringt, ist die Tatsache, dass die Daten objektiv und zeitgleich abgespeichert werden. Das Bedienungspersonal in der Warte, das aus einem Mann pro Schicht bestehen wird, wird damit von allen moto-

rischen Arbeiten entlastet und kann besonders bei Störungen oder anderen kritischen Zuständen sich ausschliesslich auf die Behebung solcher Ausnahmezustände konzentrieren.

### Erregung der Generatoren im Kraftwerk Mayrhofen

Die Generatoren im Kraftwerk Mayrhofen, die eine horizontale Welle besitzen und beidseitig durch Peltonturbinen angetrieben werden, erhalten für die Erregung einen getrennt arbeitenden Erregerumformersatz, der mittels eines Asynchronmotors angetrieben wird. Der Asynchronmotor seinerseits bezieht die notwendige Antriebsleistung von der Hilfssynchronmaschine, die mit der Hauptmaschine zusammengebaut ist. Man spricht also von einer elektrischen Welle zwischen Hauptmaschine und Erregersatz. Der automatische Spannungsregler seinerseits ist aus elektronischen Elementen aufgebaut und arbeitet über den Thyristorverstärker direkt in den Erregerkreis der Haupterregemaschine. Eine Hilferregemaschine kommt daher nicht zur Anwendung. Die nahezu trägheitslose Steuerung ergibt in Verbindung mit einer wirtschaftlich vertretbaren Überdimensionierung des Thyristorverstärkers eine hohe Erregungsgeschwindigkeit und eine grosse Stossleistung. Um bei stark kapazitiver Belastung die statische und dynamische Stabilität des Generators zu erhöhen, ist zusätzlich eine Polradwicklungsbegrenzung vorgesehen, welche eine gefährliche Untererregung verhindert.

### Erregung der Generatoren im Maschinenhaus Rosshag

Diese Erregung wurde völlig anders projektiert. Es sollten hier neue Wege, die man auf dem Gebiet der Generatorerregung eingeschlagen hat, Anwendung finden. Die Erregerenergie wird durch eine vollkommen ruhende Erregungseinrichtung aufgebracht. Ein Spannungstransformator, der an den Generatorklemmen liegt, und ein Stromtransformator, der an den Generatorsternpunkt angeschaltet ist, arbeiten zusammen. Gesteuerte Siliciumzellen speisen dann direkt das Polrad. Der Regler, der dafür vorgesehen ist, wird alle technischen Eigenschaften aufweisen, die im modernen Kraftwerkbetrieb gefordert werden müssen.

Es sind damit naturgemäss nicht alle Probleme aufgezählt, die im Zusammenhang mit der Projektierung einer derart grossen Kraftwerkgruppe auftreten. Es sollten aber einige dieser Probleme, die für die Fachwelt interessant sind, aufgezeigt werden.

### Literatur

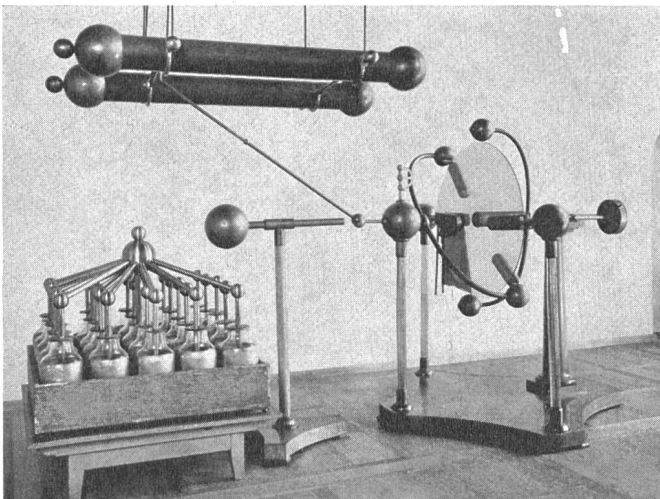
- [1] K. Kralupper: Bemerkenswerte Kraftwerkbauten in Österreich. Bull. SEV 59(1968)12, S. 525...535.

### Adresse des Autors:

F. Nyvelt, Direktor der Tauernkraftwerke AG, Rainerstr. 29, A-5021 Salzburg.

## EIN BLICK ZURÜCK

### Elektrisiermaschine und Leydener Flaschen aus dem Besitz von Georg Simon Ohm



Deutsches Museum München

Die Elektrisiermaschine und die Batterie von Leydener Flaschen stammt aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Mit ihr hat *Ohm* an der Polytechnischen Schule in Nürnberg experimentiert und seinen Schülern elektrostatische Versuche vorgeführt. Die Maschine gehört zu den grossen ihrer Zeit; der Durchmesser der Glasscheibe beträgt 1 m. Die Leydener Flasche und die Elektrisiermaschine waren damals, als *Ohm* mit ihnen arbeitete, etwa 100 Jahre alt. Solange man noch die Hand als Reibzeug benutzte, um drehbar gelagerte Glas- oder Schwefelkugeln zu elektrisieren, konnte man von einer Elektrisiermaschine noch nicht sprechen. Eine Elektrisiermaschine wurde diese Vorrichtung erst, als 1744 *G.M. Bose* den Konduktor und ein Jahr später *H. Winkler* das Kissen als Reibzeug einführte. Die ersten Maschinen hatten kugelförmige Glaskörper. 1746 baute der Engländer *B. Wilson* eine Maschine mit einem Glaszylinder; nicht ganz 10 Jahre später wurde der Zylinder durch die Scheibe ersetzt.

Im Oktober 1745 erhielt der Jurist *E.J. von Kleist* in Cammin in Pommern den ersten elektrischen Schlag aus einem engen Medizinfläschchen, in welches er einen kräftigen Nagel gesteckt und elektrisch aufgeladen hatte. Nur wenig später passierte in Leyden einem Privatmann, namens *Cunaeus*, das Gleiche, als *P. Musschenbroek* denselben Versuch mit einem Glas Wasser machte. Der Bericht aus Leyden kam zuerst nach Paris und wurde dadurch der gelehrten Welt zeitlich früher bekannt. Daher heisst heute noch diese Form des Kondensators «Leydener Flasche». Bei den ersten Versuchen bestand also der innere Belag aus Wasser, der äussere war die die Flasche haltende Hand. Drei Jahre nach der Entdeckung bestand der innere und äussere Belag schon aus Stanniol. Neben der Leydener Flasche gab es wenig später die nach *B. Franklin* benannte, beidseitig mit Stanniol belegte Glastafel. Aus dieser hat sich die moderne Form des Kondensators entwickelt.

A. Wissner