

Das Speicherkraftwerk Rosshaupten

Autor(en): **Haimerl, L.A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79 (1961)**

Heft 11

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65483>

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.

Technikumsstudenten sind. Bezüglich der Studienrichtungen, deren Angehörige am Austausch teilnehmen dürfen, ist der Rahmen sehr weit gespannt. Er geht von den technischen Wissenschaften im engern Sinne bis zu den Vertretern aller Richtungen der Bodenkultur und schliesst auch die Architektur, die Chemie, die Physik und die Geologie ein. Von den Studierenden unseres Landes profitieren vom Austausch die Maschinen- und Elektroingenieure im grössten Umfang (jährlich je rund 45), gefolgt von den Chemikern (25), den Bauingenieuren (20), den Architekten (10) sowie wenigen Vertretern der andern Studienrichtungen.

Nur dank dem Entgegenkommen der die Praktikantenplätze offerierenden Unternehmungen der nunmehr 29 Mitgliedstaaten der IAESTE ist es möglich, dass gegen 7000 Studenten während des kommenden Sommers im Ausland eine ihrer Studienrichtung entsprechende Praxis absolvieren können und dazu noch Entschädigungen erhalten, die für den Lebensunterhalt im fremden Lande ausreichen. Warum — darf bei dieser Gelegenheit gefragt werden — werden trotz Hochkonjunktur im Bauwesen in fast allen Ländern nur so wenige Praktikantenplätze für *Architekten* zur Verfügung

gestellt? Immer wieder müssen Anfragen von Architekturstudenten, die gerne während der Sommerferien ein Praktikum im Ausland ablegen würden, mangels genügender Praxisplätze ablehnend beantwortet werden. Auch in der Schweiz wäre es hochehrföhrlich, wenn grosse Architekturbüros, öffentliche Bauverwaltungen und private Bauunternehmungen sich in grösserem Umfang als bisher am Austausch beteiligen könnten.

Die 14. Jahreskonferenz der IAESTE, anlässlich welcher die Austausche für den Sommer des laufenden Jahres festgelegt wurden, fand am 15. bis 19. Januar 1961 in Rom, in den Räumen der Confederazione Generale dell'Industria Italiana statt, die zusammen mit dem italienischen Nationalkomitee der IAESTE und der Associazione degli Cavaglieri del Lavoro sowie der Stadt Rom den rund 60 Teilnehmern einen ausserordentlich liebenswürdigen Empfang bereiteten. Es wurden u. a. auch die Cyklotronanlage in Frascati und eine neue Rechenmaschinen-Fabrik der Firma Olivetti in Pozzuoli besichtigt. Eine schöne Exkursion nach Neapel und Capri beschloss die erfolg- und arbeitsreiche Konferenz.

Dr. Hans Bosshardt, ETH, Zürich

Das Speicherkraftwerk Rosshaupten

Von Dipl.-Ing. L. A. Haimerl, Oberbaurat, München-Pasing

Schluss von Seite 151

DK 621.293

B. Maschinentechnischer Teil

8. Allgemeines

Die beiden Turbinen weisen verschiedene bemerkenswerte Einzelheiten auf; insbesondere sind es gegenwärtig die mit der grössten Fallhöhe in Deutschland betriebenen Kaplan-turbinen. Nach Angaben der Herstellerfirma J. M. Voith GmbH., Heidenheim (Württemberg) sind sie für folgende Daten gebaut:

Nettofallhöhe	H	=	37 m
Wassermenge	Q	=	75 m ³ /s
Effektivleistung	N	=	33 300 PS
Drehzahl	n	=	200 U/min
Durchgedrehzahl	n _{max}	=	525 U/min
Laufreddurchmesser	D	=	3,50 m

Nabdurchmesser	d	=	1,75 m
Schaufelzahl	z	=	7
Laufradgewicht mit Oelfüllung	G _l	=	23 t;
Gewicht der Welle	G _w	=	20 t
Spezifische Drehzahl bei	n _s	=	400 U/min
	H	=	37 m
Einheitsdrehzahl	n' ₁	=	115 U/min
Einheitswassermenge	Q' ₁	=	1,01 m ³ /s

Die letztgenannten Werte zeigen, dass hier ein typischer Kaplan-«Langsamläufer» vorliegt. Bei abgesenktem Stauee geht die Fallhöhe auf H_{min} = 20 m zurück, wobei eine Turbine immer noch 4270 PS entwickelt. Gerade die stark schwankende Fallhöhe zwischen 37 m und 20 m war ausschlaggebend für die Wahl von Kaplan-turbinen. Betriebs-

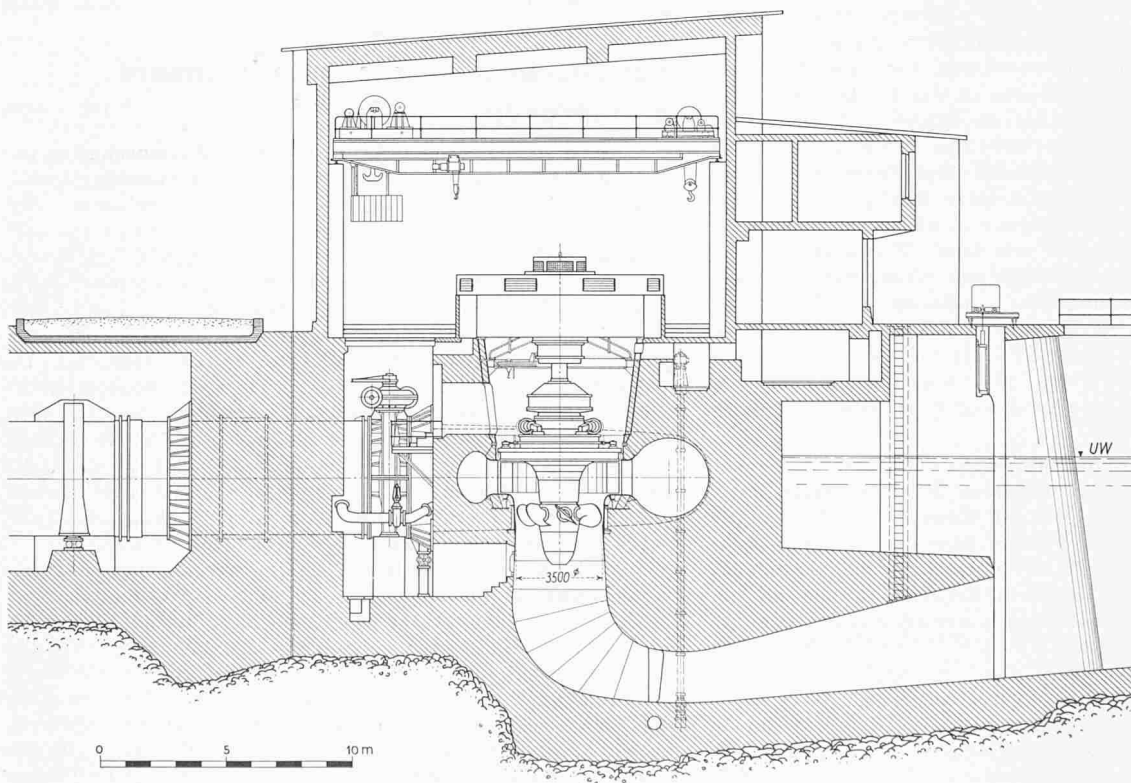


Bild 12. Schnitt durch das Maschinenhaus 1:300

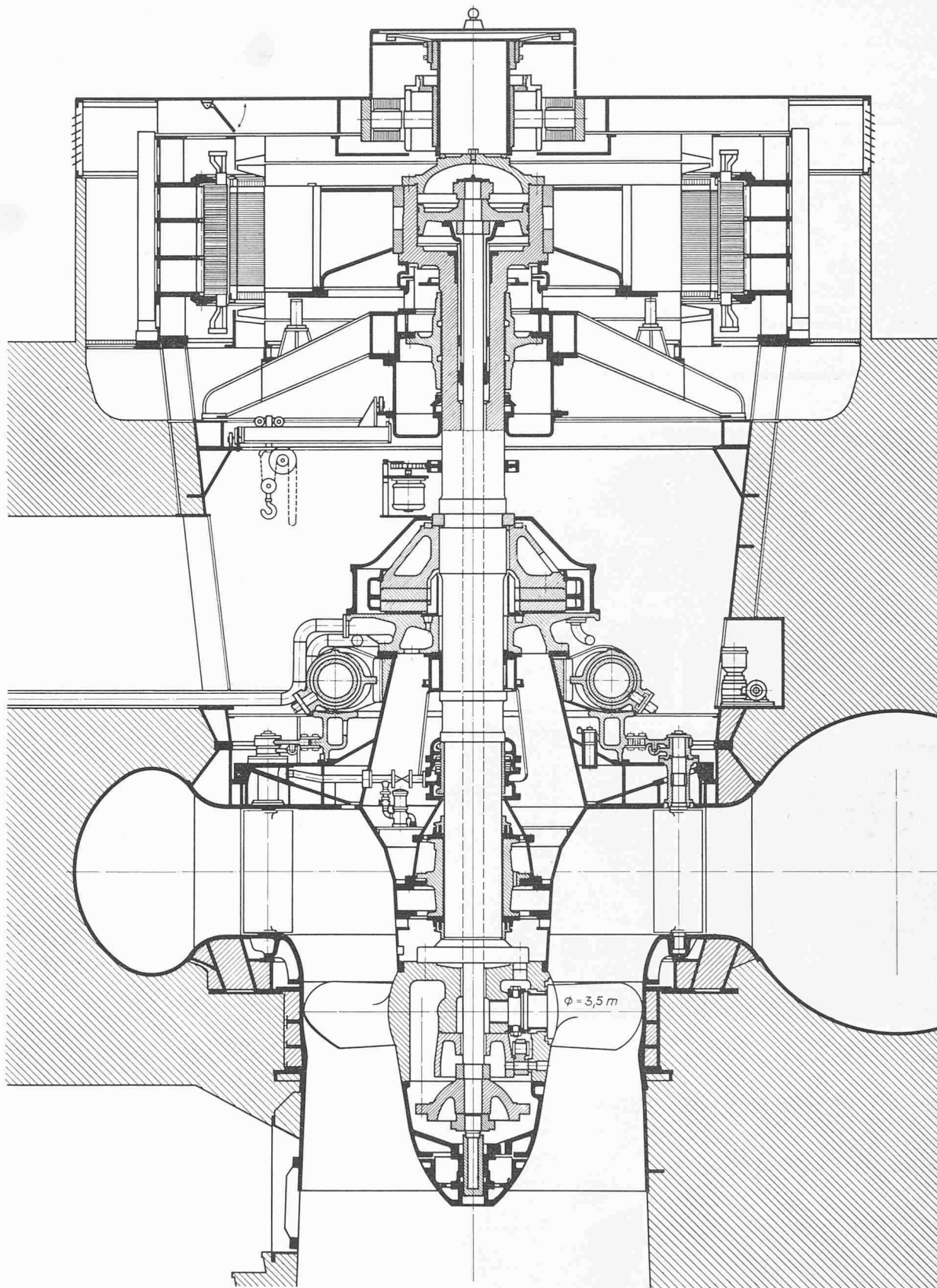


Bild 13. Schnitt durch Turbine und Generator 1:60, nach Zeichnung von J. M. Voith, GmbH.

wirtschaftliche Ueberlegungen führten zur Aufstellung von zwei Maschinen gleicher Grösse und gleicher Drehrichtung (Bilder 12 und 13).

9. Laufrad und Welle

Die grosse Fallhöhe verlangte ein schwer dimensioniertes Laufrad mit 7 Schaufeln, die sich, wie Bild 14 zeigt, ziemlich stark gegenseitig überdecken. Schaufelblatt und Schau-

felschaft bestehen aus Chromstahlguss von 13% und bilden ein einziges Stück von 1240 kg Fertiggewicht. Die Fliehkraft einer Schaufel mit Verstellkurbel und Gestängeanteil erreicht beim Durchgehen etwa 420 t. Diese Kraft wird von einer Ringspurfläche am Halslager der Schaufel aufgenommen. Bei Kaplanturbinen mit grosser Fallhöhe verursacht bekanntlich die Unterbringung der Schaufelschäfte mit ihrer sehr kräftig bemessenen Lagerung und dem ziemlich

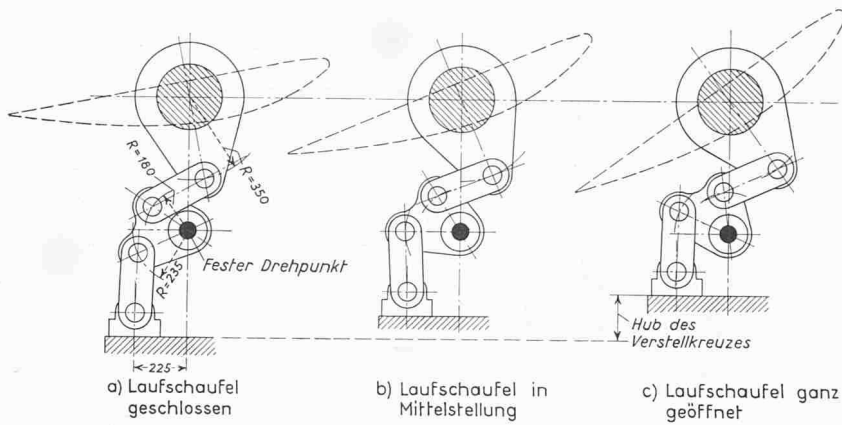


Bild 15. Verstellmechanik der Laufradschaufeln

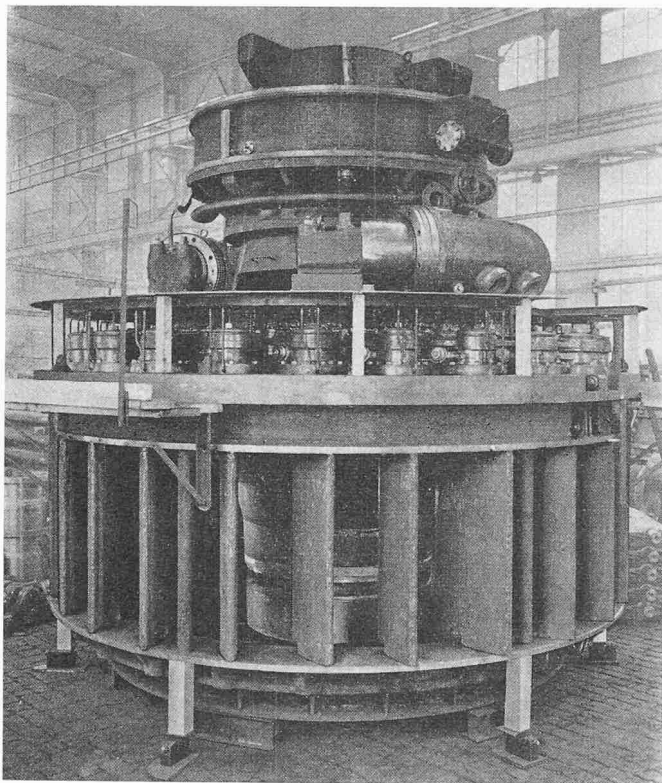


Bild 16. Leitapparat mit Ringkolben-Servomotor und Spurlagergehäuse, Werkaufnahme bei J. M. Voith

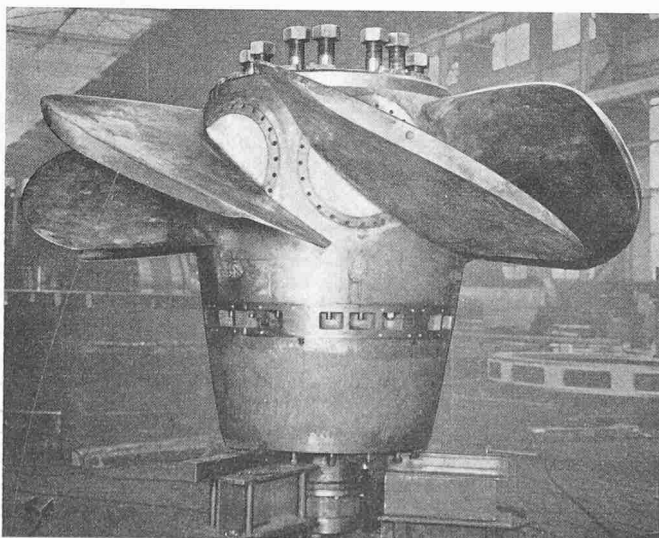


Bild 14. Das Turbinenlaufrad, Werkaufnahme bei J. M. Voith

klobigen Verstellmechanismus im Innern der Nabe erhebliche Schwierigkeiten. Voith hat dieses Problem durch Einfügung eines Winkelhebels zwischen dem Verstellstern und der Verstellkurbel vortrefflich gelöst (Bild 15). Diese Konstruktion erfordert wohl einen etwas erhöhten mechanischen Aufwand, weist aber dafür den zusätzlichen Vorteil auf, dass der Winkelhebel sehr günstige Uebersetzungsverhältnisse herbeiführt. Es ergab sich damit eine Verringerung der Verstellkräfte und es durfte ein kleinerer Servomotor gewählt werden.

Die ganze Nabe ist mit ziemlich zähem Oel (30° Engler bei 50°C) gefüllt, das unter statischem Druck und zusätzlicher Schleuderwirkung steht. Dadurch ergibt sich im Innern der Nabe stets ein etwas höherer Flüssigkeitsdruck als ausserhalb, so dass das Eindringen von Wasser in den

Verstellmechanismus mit Sicherheit vermieden wird. Die Schaufelteller sind gegen Oelverlust durch dachförmige Manschettenringe abgedichtet, die im Fall einer Reparatur ohne Demontage der Schaufeln ausgewechselt werden können. Die hohlgebohrte Turbinenwelle bildet mit dem Servomotorzylinder und Laufradflansch ein einziges Schmiedestück. Zur Uebertragung des Drehmomentes zwischen Laufrad und Flansch dienen drei um je 120° versetzte Scherbolzen.

10. Laufradummantelung und Saugrohr

Der im Fundament einbetonierte Laufradmantel besteht aus einer steifen Schweisskonstruktion, die oberhalb der Laufradmittelebene zylindrisch, unterhalb derselben kugelig ausgedreht ist. Ein kurzes Konusstück bildet den Uebergang zum Saugrohr, das bis zum Ende der Krümmerstrecke mit einer Blechpanzerung ausgekleidet ist. Der leicht ansteigende, glattbetonierte Saugschlauch endet mit einem rechteckigen Austrittsquerschnitt von 40 m². Bei normalem Unterwasser (Höhenkote 744,2 m) ergibt sich eine «negative» Saughöhe von 1,75 m, bezogen auf die Laufradmittelebene. Durch diese tiefe Lage des Laufrades lässt sich die Kavitationsgefahr weitgehend vermeiden.

11. Leitapparat, Spirale und Turbinengehäuse

Der Leitapparat besteht aus 24 Stahlgussleitschaufeln von 1300 m lichter Höhe, welche auf einem Teilkreis von 4,23 m Durchmesser liegen (Bilder 16 und 17). Jede Leit-

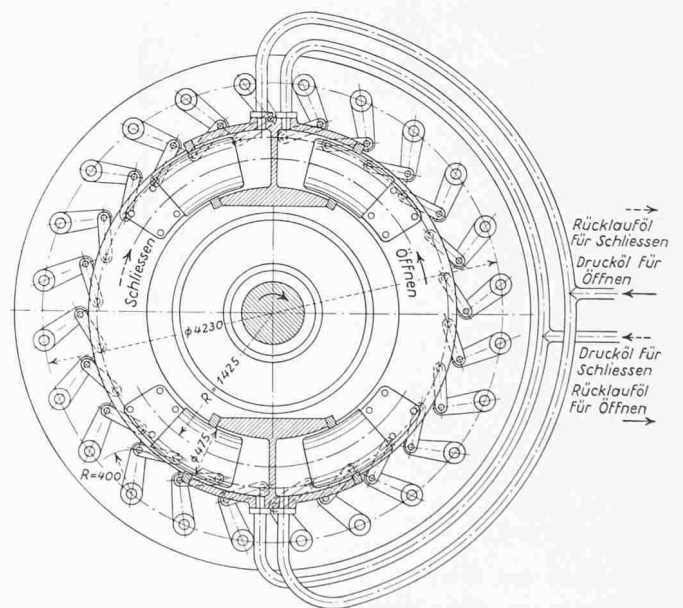


Bild 17. Schema der Ringkolben-Servomotoren mit den Leitschaufelhebeln

schaufel ist in drei Bronzebüchsen gelagert und wird durch einen einstellbaren Hebel mit doppelsinnig wirkender Bruch-sicherung betätigt.

Bemerkenswert ist der gestängellose Antrieb des Regu-lierringes durch den Ringkolbenservomotor. Diese Konstruk-tion, die J. M. Voith speziell für Turbinenleitapparate nach dem Krieg entwickelt hat, konnte sich rasch durchsetzen, und selbst die grössten Turbinen, wie etwa für die Kraft-werke Jochenstein und Persenbeug, werden heute damit ausgerüstet. In der Schweiz ist der hydraulische Ringkolben-antrieb schon früher bekannt gewesen; die von Rollschen Eisenwerke verwenden ihn mit Vorliebe für ihre Drossel-klappen und Kugelschieber. Ein wesentlicher Vorteil bei den Leitapparaten besteht darin, dass der gesamte Kräftefluss der Regulierung lediglich auf den Turbinendeckel konzen-triert bleibt. Im Gegensatz dazu ging bei den früheren Kon-struktionen der Kräfteverlauf über das Mauerwerk auf die dort montierten Leitradservomotoren. Auch der Fortfall des schweren Reguliergestänges wird sehr begrüsst. Bilder 16 und 17 zeigen den Ringkolbenservomotor, der bei der Anlage Rosshaupten aus zwei einander gegenüberliegenden Stahlgusszylindern besteht. Jeder dieser ringförmig gekrümmten Zylinder besitzt in der Mitte eine Trennwand, so dass sich insgesamt vier, übers Kreuz geschaltete Ver-drängungsräume ergeben, in die wiederum vier Kolben ein-tauchen. Die Zylinder ruhen auf der Schweisskonstruktion des Turbinendeckels, die Kolben dagegen sind mit dem Regu-lierring verschraubt und machen dessen Verstellbewegung mit. Der Reguliering ist aus Stahlguss gefertigt und besitzt rechteckigen Hohlquerschnitt von hoher Steifigkeit. Er glei-tet auf einer schmalen Spurringfläche des Turbinendeckels. Die gesamte Verdrehungsbewegung des Regulieringes mit den vier Ringkolben beträgt $18\frac{1}{2}$ Grad. Dabei ergibt sich für den Leitapparat eine Regulierarbeit von rund 20 000 mkg. In ganz geschlossener Stellung kann der Reguliering durch einen zylindrischen Bolzen verriegelt werden, womit auch die Steuerung der Servomotoren blockiert ist.

Das Spiralgehäuse mitsamt dem Stützschaufelring ist als Schweisskonstruktion ausgeführt (Bild 18). Mit Rück-sicht auf den Transport musste es mehrfach unterteilt werden, und erst auf der Baustelle erfolgte die Verschweissung zu einer Einheit. Wie Bild 13 zeigt, ist das Gehäuse voll-ständig und satt von Beton umgeben. Trotzdem wurde bei der Bemessung der Bleche und des Stützschaufelringes von einer statischen Mitwirkung des Betons abgesehen. Der Turbinendeckel enthält an seinem Umfang die Leitschaufel-lager; er nimmt ferner das untere Führungslager der Turbinenwelle auf, sowie das Spurlager und schliesslich noch die beiden Ringzylinder. Der äussere Durchmesser dieser vollständig geschweissten Konstruktion beträgt 4940 mm. Transport und Montage verlangten eine vertikale Teilung des Stückes.

12. Spurlager und Turbinenführungslager

Das Spurlager enthält zehn Kippsegmente mit 1920 mm äusserem und 950 mm innerem Durchmesser. Es trägt eine Belastung von 520 t, die sich aus 160 t rotierendem Maschi-nengewicht und 360 t Wasserschub zusammensetzt. Neu ist die Schmierung des Spurlagers, die hier ohne besondere Pumpe in Umlauf gehalten wird. Der rotierende Spurring enthält eine Anzahl radialer, in einer waagrechten Ebene liegende Bohrungen, die gleichsam wie die Schaufelzellen einer Zentrifugalpumpe eine Druckdifferenz erzeugen und somit den Oelkreislauf über Filter und Kühler aufrecht erhalten. Die Pumpwirkung wird auch noch durch die Adhäsion des am Spurringumfang befindlichen Oeles unter-stützt. Zu beachten ist bei solchen selbstschmierenden La-gern, dass die Widerstände im Oelkreislauf möglichst nied-rig gehalten werden. Der Oelkühler wurde deshalb in näch-ster Nähe der Turbine, und zwar im Drosselklappenraum, aufgestellt.

Das untere Führungslager der Turbinenwelle ist mit Fett geschmiert; die Lagerbohrung beträgt 600 mm und die Länge der Schale misst 810 mm. An beiden Enden der Lager-schale befinden sich Labyrinthringe; zur weiteren Abdich-tung ist eine Kohleringstopfbüchse eingebaut.

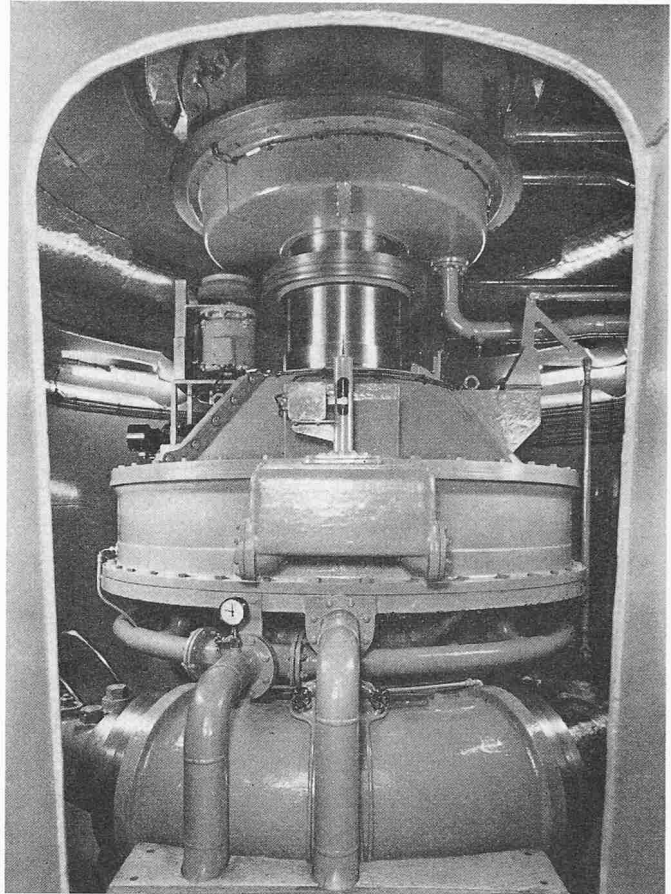


Bild 19. Turbinen-Spurlager (Mitte), unten einer der ringförmigen Servomotorzylinder, über dem Spurlagergehäuse links der Pendel-dynamo mit Reibradantrieb, rechts das Gestänge der Leitradrück-führung (Photo: J. M. Voith)

13. Generator-Halslager

Die ganze Maschine besitzt nur zwei Führungslager, von denen sich das obere dicht unter dem Polrad befindet; es weist 650 mm Bohrung und 1000 mm Schalenlänge auf. Der Lagerkörper dient gleichzeitig auch für die Oelzu- und -abführung zur Steuerung des Laufradservomotors. Diese Konstruktion ist ähnlich wie bei den Kaplan-turbinen des Innkraftwerkes Simbach/Braunau [17].

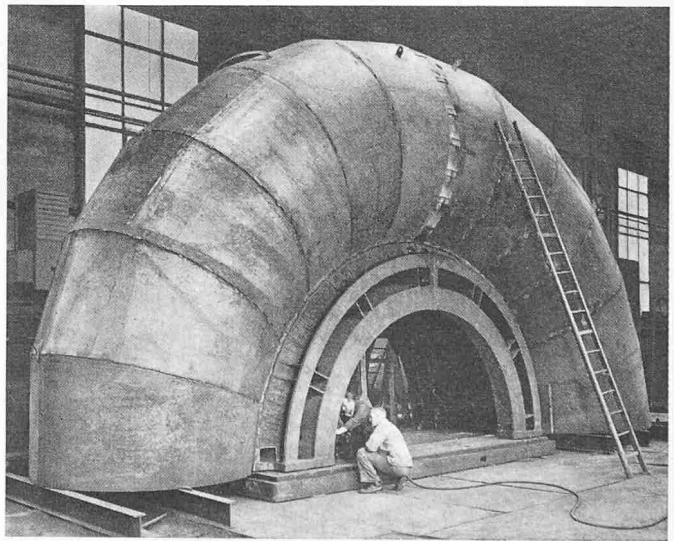


Bild 18. Spiralgehäusehälfte mit Stützschaufelring in der Kessel-schmiede der Firma Voith

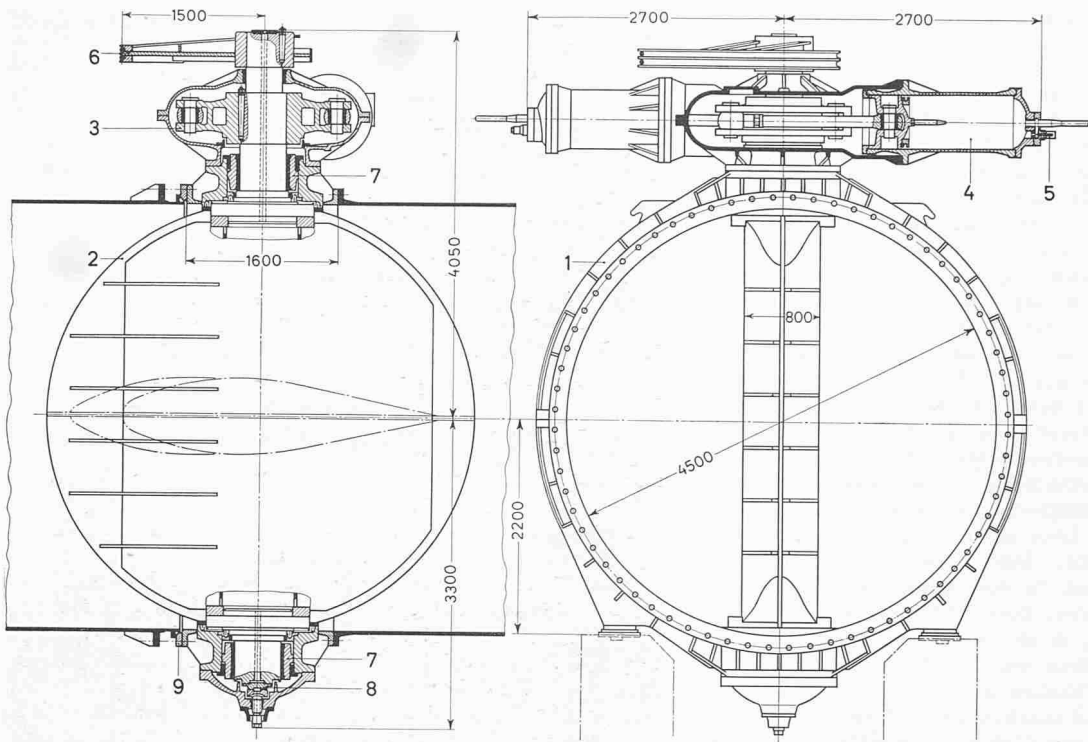


Bild 21. Längs- und Querschnitt durch die Drosselklappe nach Zeichnung von Escher Wyss GmbH., Ravensburg, 1:80

- 1 Gehäuse
- 2 Klappenteller
- 3 Doppelhebel zum Antrieb
- 4 Servomotor mit Drucköl zum Oeffnen
- 5 Bremsdüse
- 6 Seilantrieb mit Fallgewicht zum Schliessen
- 7 Zapfenlager
- 8 Spurlager
- 9 Ausbaufansch

Bild 20 (unten). Blick von der Galerie des Kraftwerks auf die beiden Generatoren und den dazwischenliegenden Reglerraum, in dem auch die Druckölpumpen mit den Oelbehältern und Windkesseln untergebracht sind (Photo: J. M. Voith)

14. Laufradservomotor

Dieser ist in das obere Ende der Turbinenwelle eingebaut (Bild 13). Die Aussenfläche des Servomotorzylinders ist gleichzeitig Sitz für die Polradnabe. Auf dem Deckel des Servomotors befindet sich der Läufer für die Erregerdynamo. Der Zylinder hat 1150 mm Bohrung; sein Kolben ist mit dem oberen Ende der Regulierspindel durch zwei genau einstellbare Feingewindemuttern verschraubt. Zwischen der Spindel, deren Durchmesser 220 mm beträgt, und dem Endstück der Turbinenwelle, die dort auf 320 mm ausgebohrt ist, befindet sich die Steuerhülse, die mit einer topfartigen Erweiterung an der Unterfläche des Servomotorkolbens angeschraubt ist. Der Servomotor bewältigt 25 000 mkg Regulierarbeit. Bezüglich der Wirkungsweise der Oeldrucksteuerung und der hydraulisch verstärkten Rückführung sei auf die Beschreibung des Innkraftwerkes Simbach/Braunau verwiesen [17].

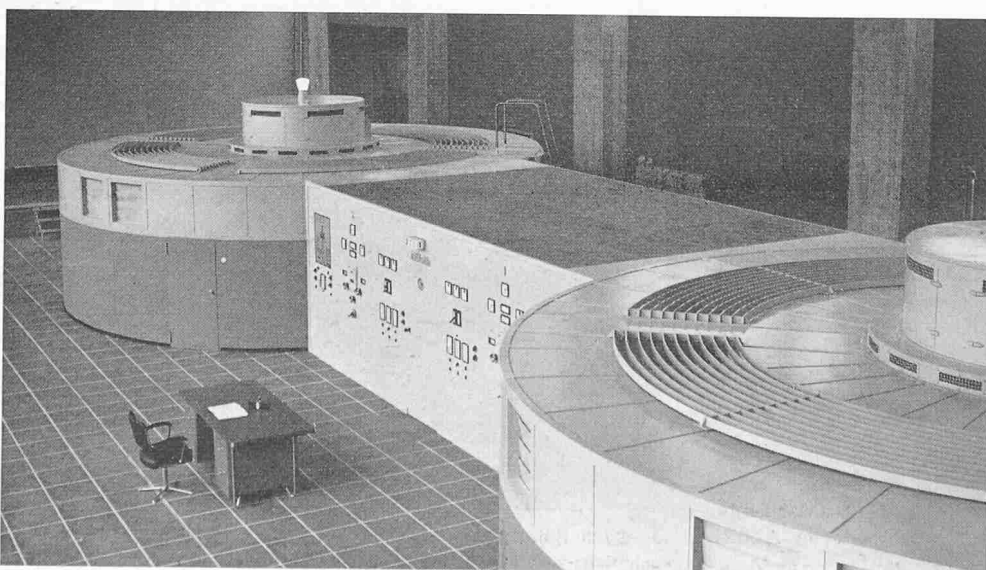
15. Regler

Das bei Drehzahlreglern übliche Fliehkraftpendel wurde hier durch ein Frequenzmesswerk (System Brown Boveri)

ersetzt, welches nach dem Ferrarisprinzip arbeitet. Diese Einrichtung vergleicht direkt die Netzfrequenz mit der Frequenz einer mit dem Hauptgenerator synchron umlaufenden Permanentmagnet-Dynamo. Die elektrisch-hydraulischen Steuerregler für beide Turbinen sind hinter den Schalttafeln (Bild 20) untergebracht. Dort befinden sich auch die Oelbehälter, Druckpumpen und Windkessel sowie die Hauptsteuerventile zur Leitrad- und Laufradverstellung.

16. Drosselklappen

Vor dem Einlauf in die Turbinenspirale ist je eine Drosselklappe von 4,50 m lichtigem Durchmesser eingebaut. Sie dient als Haupt-Absperrvorrichtung für die Turbine, um bei Betriebsruhe die Spirale vom wassergefüllten Hauptrohr zu trennen. Ferner tritt sie beim Versagen der Turbinenregelung als Notabschluss in Tätigkeit. Der statische Betriebsdruck beträgt 38 m Wassersäule, beim Schnellschluss dagegen steigt die Druckhöhe auf 53 m. Das zweiteilige Gehäuse und der vertikalaxige Klappenteller sind in Schweisskonstruktion ausgeführt (Bilder 21 bis 23). Die einstellbar angeordneten Lagerschalen sind mit Schleuderbronze ausgefüttert. Eine Spurplatte trägt das gesamte Gewicht des Klappenkörpers. Ueber dem oberen Halslager ist das Antriebsgehäuse befestigt, das aus Stahlguss besteht (Bild 24). Die Abdichtung des Klappentellers gegenüber dem Gehäuse erfolgt durch ein Gummi-Hohlprofil, das in einer Ringnut des Gehäuses eingelassen ist. In Schliessstellung der Klappe leitet man Druckwasser in das Gummi-Hohlprofil, wodurch dieses fest gegen den Rand des Klappentellers gepresst wird.



Zum Oeffnen der Drosselklappen dienen zwei Servomotoren mit 560 mm Bohrung, die ein entsprechendes Kräftepaar erzeugen. Das Drucköl wird über ein ferngesteuertes Ventil den Servomotoren zugeführt. Der Oeldruck beträgt

etwa 30 bis 35 at. Die volle 90°-Drehung des Klappentellers erfordert eine Oeffnungszeit von 126 Sekunden. Da die Oel-druckkolben nur einfachwirkend arbeiten, musste für die Schliessbewegung ein gesonderter Antrieb vorgesehen werden. Im Hinblick auf höchste Betriebssicherheit wählte man die übliche Gewichtsbetätigung. Ein 30 t schweres Gewicht, das an einem doppelten Drahtseil hängt, erzeugt an einem geschweissten Kreisquadranten von 1500 mm Radius das erforderliche Schliessmoment. Das Gewicht ist so berechnet, dass selbst bei Ueberflutung der Drosselklappenkammer, etwa infolge eines dort eingetretenen Rohrbruches, eine ausreichende Schliesskraft verbleibt. Die Servomotoren werden bei der Schliessbewegung als Oelbremse benützt, die nicht nur das Moment des Fallgewichtes, sondern auch noch das hydrodynamische Schliessmoment in Kontrolle zu halten hat. Die normale Schliesszeit der Klappe beträgt 62 s; bei etwas schwächer eingestellter Bremsung kann sie auf 50 bis 60 s verringert werden.

An der Bergseite ist das Klappengehäuse mit dem Druckrohr durch einen Ausbaufansch verbunden, der auf dem Druckrohr verschoben werden kann. Die Montagearbeiten werden hiedurch erheblich erleichtert. Die beiden Drosselklappen, die komplett von Escher Wyss G. m. b. H., Ravensburg (Württemberg) geliefert wurden, sind mitsamt den Schliessgewichten in einer eigenen Apparatkammer untergebracht (Bild 12).

17. Generatoren

Die beiden von der AEG gelieferten Synchrongeneratoren in Schirnbauweise sind für je 30 000 kVA bei $\cos \varphi = 0,8$ und 6300 Volt ausgelegt. Zur Erregung dient eine direkt aufgebaute Haupterregemaschine (125/165 kW; 220/230 V) und getrennt davon eine Amplidyne-Hilfserregemaschine (0/6,5 kW; 270/180 V), die mit 1450 U/min direkt gekuppelt von einem Drehstrommotor angetrieben wird. Dieser ist an die Eigenbedarfsschiene des Kraftwerkes angeschlossen. Ausserdem läuft sicherheitshalber noch ein batteriegespeicherter Gleichstrommotor leer mit, der bei Ausfall des Hausnetzes sofort Leistung abgibt. Der verwendete Tirrillregler beherrscht einwandfrei die grossen Spannungssteigerungen, die bei plötzlicher Vollastabschaltung infolge einer vorübergehenden Drehzahlsteigerung von über 60% auftreten können.

Das 105 t schwere Polrad (Bild 13) ist als Blechkettenläufer ausgebildet. Der Radstern stellt eine schwere Schweisskonstruktion dar. Bei der Montage wurde zuerst der nackte Radkörper auf den Servomotorzylinder der Turbinenwelle aufgeschraubt, und anschliessend sind die 30 Pole hinzugefügt worden. Jeder Pol ist mit dem Läuferblechpaket durch eine doppelte Schwalbenschwanznut verbunden. Die Kühlluft beschreibt einen geschlossenen Kreis-

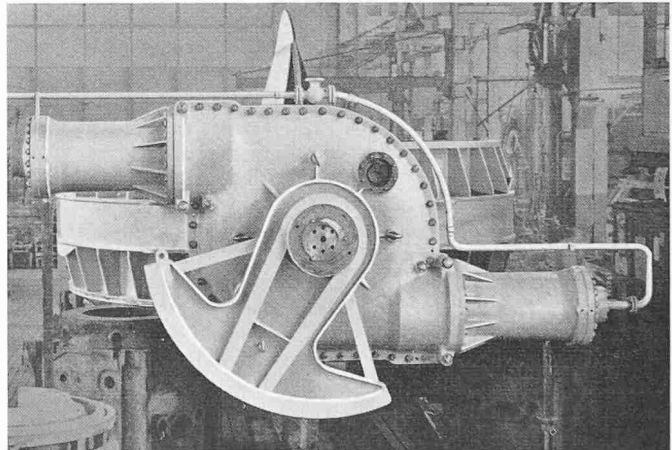
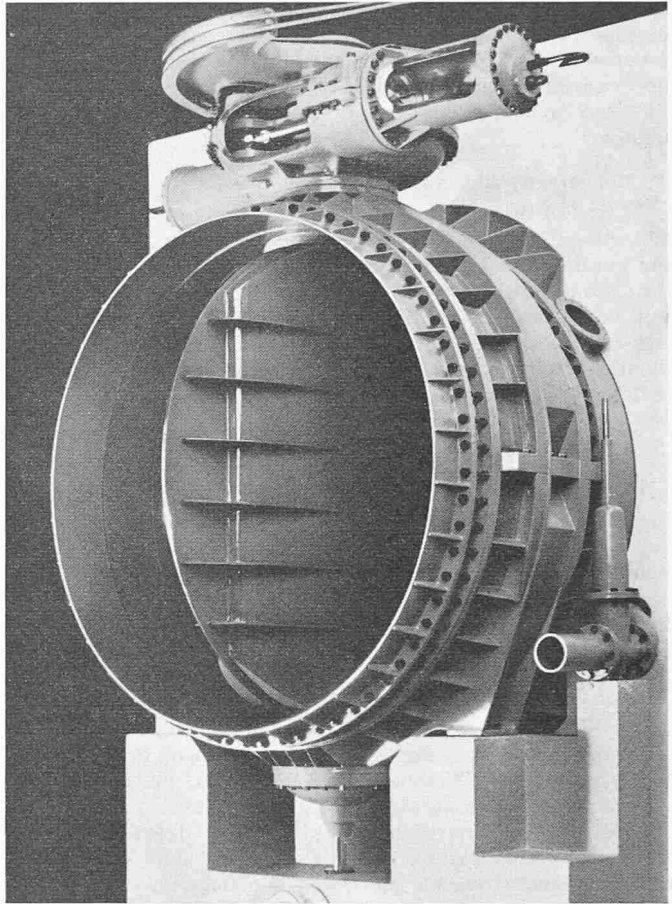
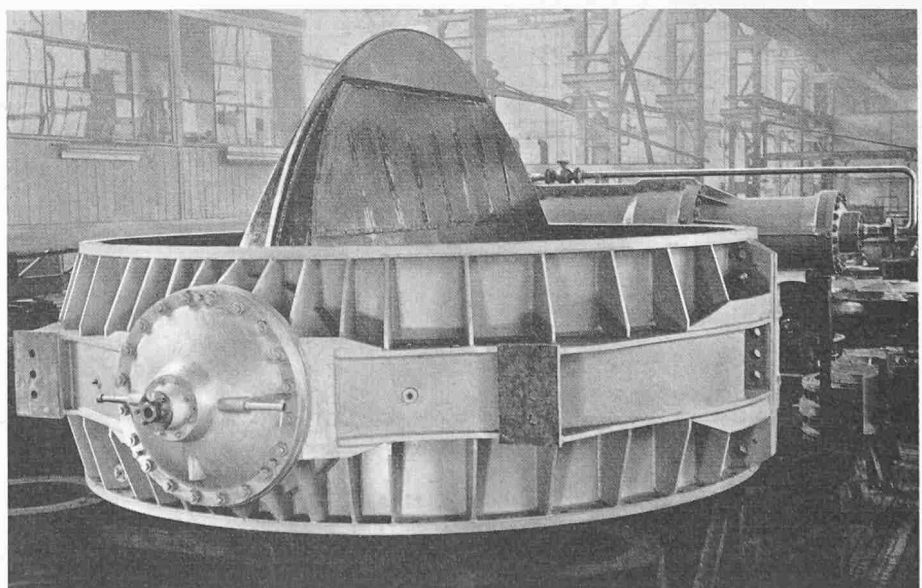


Bild 22 (oben). Modellaufnahme der Drosselklappe

Bild 24 (Mitte). Drosselklappe mit hydraulischem Antrieb und Drahtseilhebel während der Werkmontage

Bild 23 (rechts). Drosselklappe beim Zusammenbau im Werk in Ravensburg. Vorn das Spurlager, rechts und links davon die beiden Tragfüsse



Photos der Bilder 22 bis 24: Escher Wyss GmbH., Ravensburg

lauf, solange die Heizjalousien für den Maschinenraum abgesperrt sind. Innerhalb des betonierten Luftmantels des Generators sind gleichmässig am Umfang des Statorkörpers die Wasserrückkühler angebaut. In Bild 20 sind die Heizjalousien und die Türe zu den Rückkühlern deutlich erkennbar.

18. Maschinenhauskran

Der Laufkran mit 15 m Spannweite wurde von der Maschinenbaufirma Noell in Würzburg geliefert. Er besteht aus geschweissten Blechträgern und weist zwei Laufkatzen auf. Die Hauptlaufkatze hebt 60 t mit einer Geschwindigkeit von 1 m/min; die Hilfslaufkatze dagegen ist für 12 t und 3 m/min ausgelegt. Ihre Spurweite beträgt 3,38 m. Ein leichter Elektroflaschenzug am Kran wird von unten aus bedient.

C. Wirtschaftlicher Teil

Wie eingangs erwähnt, stellt Rosshaupten die oberste und zugleich grösste Stufe der BAWAG Kraftwerkskette dar (Bild 1). Seine Jahresarbeit beträgt 168 Mio kWh. Von den nachfolgenden Stufen stehen bis jetzt zehn in Betrieb. Neun davon wurden als Unterwasserkraftwerke mit je sechs Rohrturbinen in den Jahren 1941 bis 1950 errichtet. Jedes dieser Werke ist für maximal 7200 kW gebaut; zusammen liefern sie eine Jahresarbeit von 345 Mio kWh. Bei der ganzen Erzeugung der BAWAG-Energie ist Rosshaupten als Speicherwerk und die neue Stufe Schongau als Zwischenspeicher anzusehen, während die Rohrturbinenanlagen im Lech den Charakter von Laufwerken haben. Die gesamte Jahresarbeit von Rosshaupten, Schongau und der neun Rohrturbinenwerke beträgt etwa 635 Mio kWh.

Betriebswirtschaftlich wird die Anlage Rosshaupten mit erhöhter Spitzenleistung eingesetzt; das gleiche gilt für die Unterwasserkraftwerke, die durch den Schwallbetrieb mehr Energie während der Starklastzeiten abgeben können. Der Spitzeneinsatz geschieht in der Weise, dass während der Nacht die ankommende Wassermenge teilweise im See zurückgehalten wird. In den Spitzenstunden geben dann die Turbinen ihre Maximalleistung ab. Dabei steht ein gewisses Spiel bei konstantem Normalstau über und unter dem Staudamm zur Verfügung. Während der jahreszeitlichen Füll- und Absenkerperioden des Sees wird die zusätzliche Wassermenge ausschliesslich in der Spitzenzeit abgegeben. Das Auffüllen des Sees vollzieht sich in den Monaten März bis Juni, das Absenken dagegen zwischen November bis März. Während der Ferien- und Fremdensaison hat der See seinen normalen Wasserstand und fügt sich wie ein natürliches Gewässer in die Landschaft ein.

In den Laufkraftwerken besteht das Prinzip des Schwallbetriebes darin, die Laufwassermengen in den Haltungen der Kraftwerke innerhalb der Schwachlastzeiten kurzfristig zu speichern, um sie dann in den Stunden erhöhter Energienachfrage abzuarbeiten. Durch dieses Ineinandergreifen von Speicherbetrieb und Schwallbetrieb kann die BAWAG beim gegenwärtigen Ausbau etwa 64% ihrer gesamten Jahresenergie als hochwertige Starklastenergie abgeben.

Geplant ist die Errichtung eines Gegenspeichers mit 3,5 Mio m³ Nutzstauraum, der sich unmittelbar an das Rosshaupten-Werk anschliessen soll (Bild 1, gestrichelte Fläche). Ferner ist der vollständige Ausbau der gesamten Gefällstreppe des Lech bis zur Stadt Augsburg bereits projektiert. Wenn dieser Ausbau einmal verwirklicht sein wird, erzeugen insgesamt 26 Kraftwerke der BAWAG eine Jahresarbeit von rund 1,3 Mrd kWh.

Vor einem Jahr wurde die Stufe VI, die unmittelbar vor der Stadt Schongau liegt, dem Betrieb übergeben. Dieses Werk enthält vier Kaplan-turbinen, wobei jede Maschine eine eigene Druckleitung mit einem Hebereinlauf besitzt. Zwei Turbinen liefern die Energie für die BAWAG. Ihre Daten lauten:

Turbine I bei $Q = 36 \text{ m}^3/\text{s}$ und $H = 18,65 \text{ m}$ $N = 5625 \text{ kW}$.
Turbine II bei $Q = 48 \text{ m}^3/\text{s}$ und $H = 26,80 \text{ m}$ $N = 10575 \text{ kW}$.
Die beiden anderen Maschinensätze liefern Strom für die Georg Haindlsche Papierfabrik in Schongau; jede Turbine ist für $Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$ $H = 18,65 \text{ m}$ und $N = 2800 \text{ kW}$ aus-

gelegt. Die Unterschiede in den Fallhöhen erklären sich dadurch, dass drei Turbinen in das Oberwasser des längst bestehenden Haindlschen Kraftwerkes ausgiessen, während die vierte Turbine direkt zum Unterwasser führt. — Abschliessend möchte ich allen Firmen, die mich durch Unterlagen unterstützt haben, besonders auch der BAWAG, für ihre wertvollen Hinweise verbindlichst danken.

Bautechnische Literatur

- [1] Dr.-Ing. Josef Frohnholzer: Der Speicher Rosshaupten als Hauptglied für den Rahmenplan des Lechs. «Die Wasserwirtschaft» 1953, Heft 7 und 8 (auch als Sonderdruck erhältlich).
- [2] Talsperre und Lechspeicher Rosshaupten. «Hochtief-Mitteilungen», Sonderheft 1954.
- [2a] Dr. techn. Kieser: Druckstollenbau. Wien, 1960, Springer-Verlag.
- [3] Ein Gebirgsfluss wird gebändigt. Zum Ausbau des Lechspeicherwerkes Rosshaupten. «VDI-Nachrichten» 1955, Nr. 4.
- [4] Dr.-Ing. Berger: Das Vorspannrohr für Druckstollen und Druckschächte. «Die Wasserwirtschaft» 1949, Heft 7.
- [5] Dr. techn. Kieser: Wasserdichte Druckstollen und Druckschächte mit Kernringauskleidung. SBZ 1950, Heft 23 und 24.
- [6] Die Verteilerleitung für das Lechspeicherwerk Rosshaupten. «VDI-Nachrichten» 1953, Heft Nr. 18.
- [7] Dr.-Ing. C. Föckeler: Die Druckrohrleitung des Lechspeicherwerkes Rosshaupten. «Stahlbau» 1956.
- [8] Dr.-Ing. E. Conradi: Theoretische Auswertung von Druckstossversuchen in Verbindung mit Abschaltversuchen, ausgeführt im Speicherkraftwerk Rosshaupten. Dissertation Karlsruhe 1957.
- [9] St.-Prof. L. A. Haimerl: Rosshaupten Power Station. «Water Power», Dezember 1958.

Maschinentechnische Literatur

- [10] Speicherkraftwerk Rosshaupten/Lech. «Voith-Druckschrift» Nr. 1330.
- [11] Direktor L. Meissner: Neuzeitliche Kaplan-turbinen. «Forschung und Konstruktion» (Zeitschrift der Firma J. M. Voith) 1955, Heft 1.
- [12] Dr.-Ing. H. C. von Widdern: The Tubular Turbine. «Water Power», Januar-Heft 1955.
- [13] St.-Prof. L. A. Haimerl: Rosshaupten Power Station. «Water Power», Januar 1959.

Elektrotechnische Literatur

- [14] Ehb. Driest: Erregeranordnung für Synchronmaschinen mit Amplitudyn-Spannungsregler. «AEG-Mitteilungen» 1957, Heft 5/6.
- [15] Heinz Braun: Die moderne Spannungsregelung von Grossgeneratoren mit Amplitudyn-Hilfserrregermaschine. «AEG-Mitteilungen» 1957, Heft 5/6.
- [16] Elektrisch-hydraulischer Drehzahlregler, System Voith-Brown, Boveri. «Voith-Druckschrift» Nr. 1258.
- [17] Innwerk AG. Das Innkraftwerk Simbach-Braunau. SBZ 1954, Nr. 18, 21, 22, 27, 28, 29, 35, 38, 40 (auch als Sonderdruck erhältlich).

Wasserwirtschaftliche Literatur

- [18] Dr.-Ing. J. Frohnholzer: Hydraulische Jahresspeicher im Gebiet der Alpen. «Die Wasserwirtschaft» 1951, Heft 1 und 2, Oktober und November.
- [19] Dipl.-Ing. W. Pietsch: Der Schwallbetrieb bei Laufwasserkraftwerken, Nr. 140 «Elektrizitätswirtschaft» 1952, Heft 18 (auch als Sonderdruck erhältlich).

Liegewagen der SBB

DK 625.232.2

1959 haben die SBB die Anschaffung von 30 Liegewagen beschlossen. Die ersten Wagen sind seit Beginn des Sommerfahrplans 1960 im Betrieb. Sie werden ausschliesslich im internationalen Verkehr verwendet, und zwar auf den folgenden Strecken: Basel - Wien, Zürich - Rom, Chur - Amsterdam, Zürich - Ventimiglia, Genf - Rom, Brig - Lausanne - Paris, Chur - Kopenhagen, Chur - Paris, Chur - Calais, Interlaken - Paris. Liegewagen bieten den Vorteil, dass sie mit einem Billet 2. Klasse benützt werden können und dass der Reisende gegen den bescheidenen Zuschlag von Fr. 8.50 (im Verkehr mit Frankreich 12 Fr.) während der Nacht über einen Liegeplatz verfügt. Die Liegewagen weisen neun Abteile zu je acht Sitzplätzen (bei Tag) oder sechs Liegeplätzen (bei Nacht) auf. An den Wagenenden befinden sich je eine