Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 8

Artikel: Das Kraftwerk Wildegg-Brugg
Autor: Nordostschweizerische Kraftwerke (Baden)
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-62580

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: 07.08.2025

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

einer grossen Anzahl europäischer Länder vorgenommene Sondierungen haben neue wichtige Erdölvorkommen zutage gefördert. Das selbe gilt auch für Erdgas. Sehr schwierig ist ferner auch das Abschätzen der Grösse der noch ausnutzbaren Wasserkräfte. Man schätzt sie zu 20 bis 30 % der theoretisch möglichen Mengen. Dieser Wert hängt naturgemäss vom technischen Können, von den Gestehungskosten der Energie und von den Bauzeichen der Werke ab.

Energiebedarf und Energiequellen sind nicht nur sehr ungleichmässig über die Erdoberfläche verteilt, sondern der Ausgleich zwischen Dargebot und Bedarf ist schwach. So beträgt z. B. bei Kohle im Tauschverkehr zwischen den europäischen Ländern das Total der Importe im Jahre 1952 nur 12 % der europäischen Produktion, bei Erdöl 13 %, bei elektrischer Energie nur 1,3 bis 1,6 % in den Jahren 1937 bis 1954. Der Hauptgrund hierfür sind die hohen Transportkosten und die nötige Speicherung.

Die Prognosen für die zukünftige Entwicklung haben ergeben, dass die Länder mit vorwiegender Energieversorgung aus Wasserkräften (Spanien, Finnland, Italien, Schweden und die Schweiz) ihr gesamtes Potential in etwa 20 Jahren ausgebaut haben werden. Nachher werden nur noch Oesterreich, Norwegen, Portugal, Rumänien, die Türkei und Jugoslawien über ein gewisses hydraulisches Potential verfügen. Aber auch die Länder mit hauptsächlich fossilen Energiequellen werden sich wegen den Grenzen, die der Ausbeutung gesetzt sind, neue Quellen sichern müssen. Das ist z. B. in England schon jetzt spürbar.

Im Bericht wird versucht, die Gestehungskosten für Kernenergie zu ermitteln und sie mit denen bisheriger Rohenergien zu vergleichen. Die diesbezüglichen Schätzungen sind auch heute noch sehr unsicher. So weiss man noch wenig über die Lebensdauer der Elemente, aus denen die Reaktoren bestehen, ebenso über die Verkaufsmöglichkeiten von Plutonium. Sicher ist, dass die Atomkraftwerke bedeutende Investitionen erfordern. Diese werden mit den technischen Fortschritten beträchtlich zurückgehen, ebenso mit der Grösse der Anlage und dem Ausnützungsgrad. Jedenfalls darf man heute noch nicht behaupten, die Kernenergie vermöge die in thermischen Zentralen gewonnene Energie wirksam zu konkurrenzieren.

Es wäre geboten, die Entwicklung der Verbindungsleitungen zwischen den europäischen Ländern und die Ausbaumöglichkeiten der noch vorhandenen Wasserkräfte sorgfältig zu verfolgen. Die Laufwerkenergie wird noch auf lange Zeit hinaus billiger zu stehen kommen als die Kernenergie, und zur Deckung des Spitzenbedarfs werden Speicherwerke immer nötiger werden, da ja Atomkraftwerke vor allem die Grundlast zu decken haben werden. So bleibt die Notwendigkeit bestehen, den Ausbau der Wasserkräfte weiterhin tunlichst zu fördern, ebenso den Energieaustausch mit wasserkraftarmen Ländern. In Verbindung mit dem Bau von Atomkraftwerken in Europa stellen sich weitere Probleme, so z. B. die Verwertung der anfallenden Wärme, der Bau von Fabriken zur Herstellung von Isotopen und von schwerem Wasser und der Erfahrungsaustausch.

Das Kraftwerk Wildegg-Brugg

DK 621.292.2

Mitgeteilt von den Nordostschweizerischen Kraftwerken AG., Baden

Fortsetzung von S. 99

3. Generatoren

Die Generatoren sind im Maschinensaalboden versenkt über den Turbinen angeordnet und mit diesen starr gekuppelt. Ihre *Hauptdaten* lauten:

Nennleistung	bei $\cos\varphi = 0{,}7$	übererregt	30 000 kVA
	bei $\cos\varphi = 0$	übererregt	24 000 kVA
	bei $\cos\varphi = 0$	untererregt	12 500 kVA
Nennspannung			8,2 kV ± 5 %
Nennfrequenz			50 Hz
Nenndrehzahl			115,4 U/min
Durchgangsdrehzahl			350 U/min
Schwungmoment des Polrades			4000 tm²

Drehrichtung von oben gesehen:
Generator 1 im Uhrzeigersinn
Generator 2 gegen den Uhrzeigersinn

Für die Wahl der Leistungsdaten war massgebend, dass bei der zentralen Lage des Kraftwerkes keine langen, leerlaufenden Hochspannungsleitungen unter Spannung zu setzen sind. Die oben angegebene kapazitive Blindleistungsgabe ist daher genügend. Hingegen ist es sehr erwünscht, wenn die Generatoren besonders bei kleiner Aarewasserführung stark induktiv belastet werden können, damit aus den entfernten Speicherwerken nur reine Wirkleistung bezogen werden muss.

Im *Aufbau* der Maschinen wurde die gewohnte Ausführung mit zwei Führungslagern oberhalb und unterhalb des Polrades sowie dem Spurlager auf dem Turbinendeckel gewählt. Dies erlaubte eine leichte Konstruktion der Tragsterne für die beiden Generatorlager, da sie nur die horizontalen Führungskräfte zu übertragen haben. Der untere Tragstern hat allerdings beim Anheben des rotierenden Teiles der Maschinengruppe die Last des Turbinenlaufrades und des Polrades aufzunehmen. Das Gewicht von Laufrad mit Welle (93 t) und Polrad einschliesslich Erregerrotor (174 t) stützt sich dabei über die Bremsböcke auf die Arme des Tragsternes ab. Die Kräfte auf das Spurlager sind aber bei laufender Maschine wesentlich grösser, da der hydraulische Druck des Wassers hinzukommt, der bis zu 380 t betragen kann.

Das *Polrad* von 6,2 m Durchmesser trägt 52 Magnetpole von rund 1,6 m Höhe. Die Dämpfungswirkung der Pole aus massivem Stahlguss macht eine besondere Dämpferwicklung überflüssig, was eine äusserst einfache und betriebssichere Konstruktion ergibt. Die Pole sitzen in schwalbenschwanzförmigen Nuten von drei Radkränzen. In Abweichung von der bisher in der Schweiz gebräuchlichen Bauart bestehen die

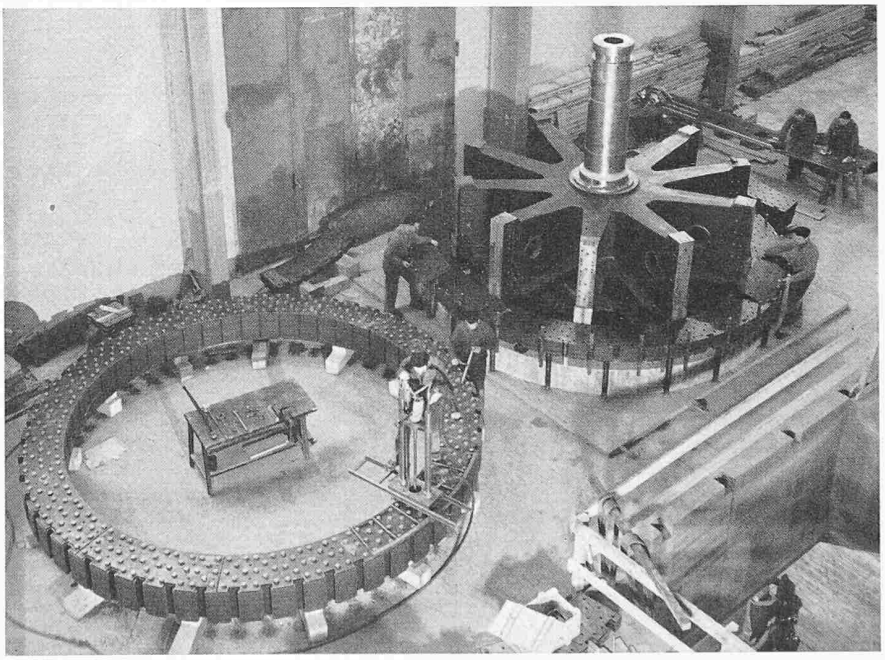

Bild. 47. Montage des Generator-Polrades im Maschinenhaus. Rechts Schichten der Blechkette eines Polradkranzes, links Ausreiben der Löcher für die Passschrauben. 4. Januar 1952

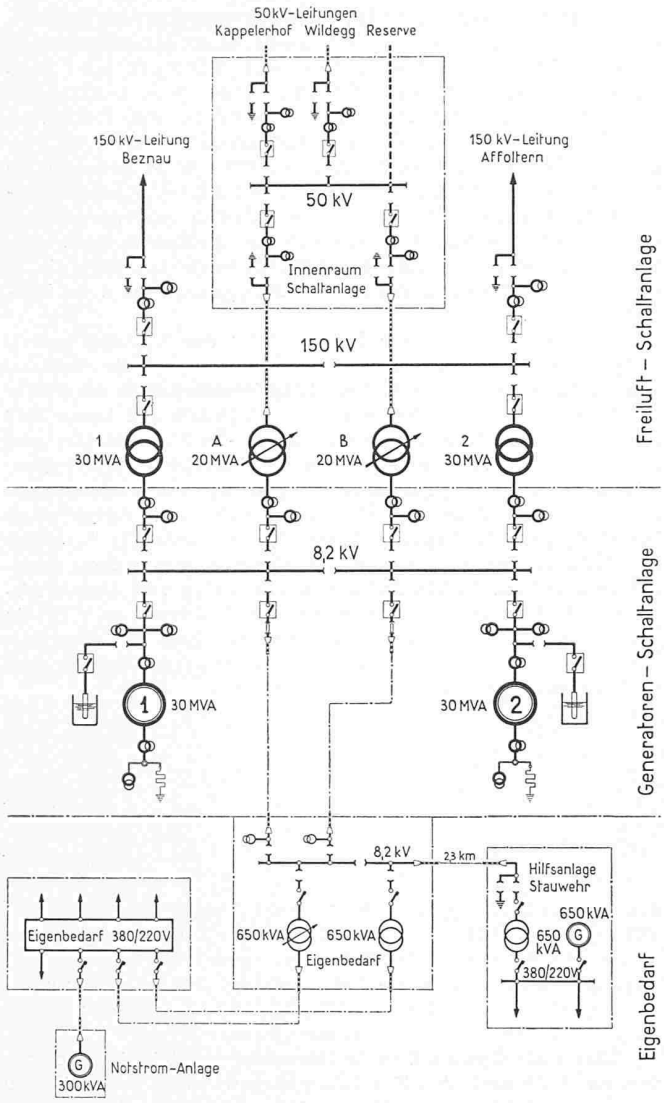

Bild 48. Schaltungsschema

Radkränze nicht aus gegossenen oder geschmiedeten Stahlringen, sondern sind aus gestanzten Stahlblechsegmenten zusammengesetzt, welche Konstruktion dem Polrad die Bezeichnung «Kettenrotor» gegeben hat (Bild 47). Die einzelnen Blechlagen werden beim Aufschichten um eine bestimmte Teilung versetzt. Press- und Passschrauben verketten die Bleche und übertragen die Zugkräfte. Die Kränze müssen in der Zentrale zusammengebaut werden, da sie nachher nicht mehr demontiert werden können. Eine spezielle Vorrichtung gestattet eine rasche und genaue Montage. Die beschriebene Konstruktion weist folgende Vorteile auf: Die Gefahr des Ausschusses eines grössern Gusstückes und der damit verbundenen Lieferzeitverlängerung ist umgangen. Die Bleche lassen sich leicht auf Festigkeit prüfen. Der Transport grosser, sperriger Stücke fällt weg. Dank der gleichmässigen Materialverteilung können die Balancierarbeiten auf ein Minimum beschränkt werden. Da sich die Beanspruchung auf den ganzen Umfang gleichmässig verteilt, die auftretenden Spannungen leicht berechnet werden können und keine verborgenen Materialfehler (Lunker, innere Spannungen) zu befürchten sind, kann auf die Schleuderprobe der Polräder verzichtet werden. Die fertigen Kränze wurden gewärmt und auf den achtarmigen Radstern leicht aufgeschrumpft. Der Schrumpf ist so bemessen, dass sich die Ringe bei der 1,5fachen Nenndrehzahl der Maschinengruppe vom Radstern abheben. Durch die eingelegten Keile, welche auch das Betriebsdrehmoment übertragen, werden sie dann noch gehalten und zentriert.

In der *Generatorwelle* von 5,8 m Länge und 750 mm äusserem Durchmesser verläuft eine Bohrung von 300 mm lichter Weite zur Aufnahme der turbinenseitigen Oelleitungen für die Betätigung des Laufradservomotors.

Die beiden *Führungslager* des Generators sind luftgekühlt und schmieren sich dank spiralförmiger Oelnuten selbst; sie sind von irgendwelchen Zusatzapparaten (Oelpumpen, Filter usw.) unabhängig. Das obere Lager ist zur Vermeidung von Lagerströmen isoliert eingebaut. Der untere Lagerstern trägt die hydraulische *Brems- und Hebevorrichtung,* bestehend aus je einem Zylinder auf jedem der acht Arme, dessen mit Bremsbelag versehener Kolben gegen einen massiven Stahlring unteren Ventilator wirkt. Zum Bremsen wird über ein Dreiwegventil im Kommandoraum Oel unter etwa 20 at Druck aus den Windkesseln des Turbinenregulators unter die Bremskolben geleitet. Bei einer normalen Abstellung beginnt man mit der Bremsung, nachdem die Drehzahl auf die Hälfte abgesunken ist.

Die *Statoren* sind zur Erleichterung des Transportes vierteilig. Der Zusammenbau der Statorviertel sowie das Einlegen der Spulen an den Trennstellen erfolgten in der Zentrale. Die Wicklung enthält in 540 Nuten je zwei vollisolierte, verdrillte Stäbe. Widerstands-Messelemente, die zwischen den Wicklungsstäben und im Statoreisen eingebaut sind, gestatten die Temperaturen auch während des Betriebes zu überwachen.

Zur *Kühlung* der Generatoren dienen je zwei Ventilatoren, welche ober- und unterhalb des Rotors befestigt sind. Sie saugen eine Frischluftmenge von insgesamt etwa 35 m^3/s von der Unterwasserseite des Maschinenhauses an, fördern sie durch die zu kühlenden Maschinenteile hindurch und stossen sie auf der Oberwasserseite aus (Frischluftkühlung mit Eigenlüftung). Bei Vollast ist pro Generator eine Verlustenergie von etwa 800 kW abzuführen. Im Winter kann mit einem Teil der erwärmten Luft der Maschinensaal und die Innenraumschaltanlage geheizt werden.

Zum *Schutz der Generatoren* gegen die schädlichen Auswirkungen von allfällig auftretenden Kurzschlüssen, Erdschlüssen, Ueberlastungen oder Ueberspannungen ist eine in der Generatorschalttafel eingebaute Relaisausrüstung vorhanden. Sie enthält Differentialstromrelais, Windungsschlussrelais, Statorerdschlussrelais, Thermorelais für den Ueberlastschutz (Signalisierung) und Kurzschlusschutz (verzögerte Auslösung), Maximalspannungsrelais und Rotorerdschlussrelais als Signalrelais.

Bei einem Generatorschaden mit Brandgefahr sperren spezielle Brandschutzklappen die Luftzirkulation. Gleichzeitig wird der gefährdete Generator mit Kohlensaure gefüllt. Die Auslösung des Brandschutzes erfolgt entweder automatisch durch die Generatorschutzrelais (Differentialschutz und Stator-Erdschlusschutz) oder von Hand vom Kommandoraum oder vom Maschinensaal aus.

4. Schaltanlagen

Wie eingangs erwähnt, wurden für die Energieabgabe zwei Oberspannungen gewählt, nämlich: 50 kV für die Speisung der Unterwerke des Aargauischen Elektrizitätswerkes (AEW) und 150 kV für die Kupplung mit den Werken und Unterwerken der NOK. Das Schaltungsschema ist in Bild 48 dargestellt. Die Anlagen sind so dimensioniert und geschaltet, dass die beiden Oberspannungsnetze unabhängig vom Betrieb der Generatoren miteinander verbunden sind und dadurch die Stromversorgung im Gebiet des AEW bedeutend verbessert wird.

Die *Transformatoren* sind in der Freiluftschaltanlage aufgestellt und stehen mit der direkt darunter befindlichen Generatoren-Schaltanlage durch blanke Stromschienen in Verbindung. Zwei Transformatoren von je 20 000 kVA Nennleistung bringen die Generatorspannung von 8,2 kV auf 50 kV, wobei die Uebersetzung durch einen automatischen Spannungsregler in 20 Stufen um $\pm$ 12 % zur Konstanthaltung der Oberspannung verändert werden kann. In das 150 kV-Netz speisen zwei Transformatoren von je 30 000 kVA Nennleistung. Hier ist die Uebersetzung fest; ausser Betrieb kann diese mit Hilfe von zwei Anzapfungen um 2 $\times$ 5 % geändert werden. Die Spannungsanpassung an das 150 kV-Netz erfolgt durch die veränderliche Erregung der Generatoren.

Alle vier Transformatoren sind in Dreieck-Stern mit auf der Oberspannungsseite herausgeführtem Nullpunkt geschaltet. Oelumwälzpumpen fördern das Kühlöl durch ventilierte Radiatorenbatterien. Die Schutzeinrichtung der Transformatoren umfasst ein Relais, das auf Schäden mit Gasentwicklung und auf Oelschwall anspricht (1. Stufe Signalgabe,

2. Stufe Auslösung) und Thermorelais, die in gleicher Weise wie beim Generator die Ueberlastung signalisieren und den Kurzschluss über ein Zeitrelais verzögert abschalten. Eine fest installierte Sprinkleranlage, welche an das oben erwähnte Schutzrelais angeschlossen ist, aber auch von Hand beim Ausgangstor des Maschinensaales nach der Freiluftschaltanlage für jeden Transformator getrennt ausgelöst werden kann, gestattet, jeden Brandausbruch rasch durch Wassernebeldüsen während unbeschränkter Zeit zu bekämpfen. Dazu ist der Wasserzufluss aus dem Hydrantennetz der Ortsversorgung in das getrennt dafür aufgestellte Wasserreservoir so dimensioniert, dass er mit dem Wasserverbrauch der Sprinkleranlage in einem Gleichgewichtszustand steht. Der notwendige Druck für diese Anlage wird von einer an das Wasserreservoir angeschlossenen Druckerhöhungspumpe erzeugt.

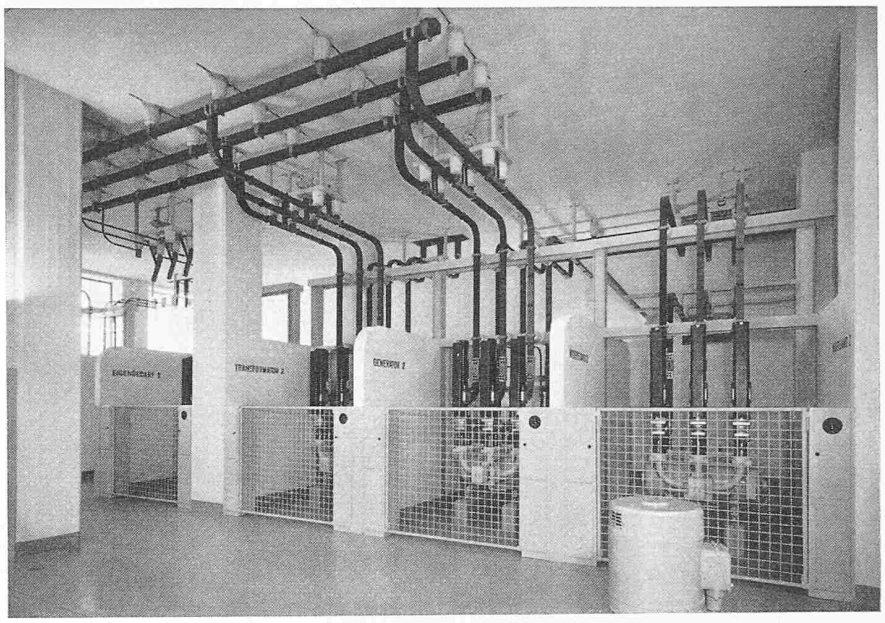

Bild 49. Generatoren-Schaltanlage. 8. Oktober 1953

Die *Generatorschaltanlage* ist über den Turbinen-Saugrohren auf der Höhe der Generatoren untergebracht (Bild 49). In vollständig symmetrischer Anordnung enthält sie für jeden Generator fünf durch Zwischenmauern voneinander getrennte Felder. An die Generatorschiene direkt angeschlossen sind die beiden Felder mit dem Wasserwiderstands- und dem Generatorschalter (Bild 48). Von diesem fliesst die Energie zur Sammelschiene, an welche die drei übrigen Felder mit Abgängen zu zwei Haupt- und dem Eigenbedarftransformator angeschlossen sind. Zur Verringerung der Kurzschlussströme bleibt der Längstrenner zwischen den Sammelschienenhälften der beiden Generatoren normalerweise geöffnet, so dass die Generatoren nur über die Transformatoren parallelgeschaltet sind. In der Generatorenschaltanlage befinden sich nur ölfreie, für 20 kV isolierte Apparate. Die Druckluftschalter weisen bei 2500 A Nennstrom eine Abschaltleistung von 800 MVA bei 8 kV auf. Vorgeschaltete Hochleistungssicherungen schützen die Kabel der Eigenbedarfsabgänge gegen die Wirkung des Kurzschlusstromes. Als Spannungswandler wird eine Konstruktion mit trockenisolierter Hochspannungswicklung verwendet. Der Generatornullpunkt ist über einen Widerstand von 450 Ohm an Erde gelegt. Die daran im Störungsfall auftretende Spannung wird für den Statorerdschluss-Schutz benützt. Die Sammelschienen und Verbindungsleitungen bestehen aus hochkantgestellten Aluminium-Flachschienen, von denen je nach Stromstärke zwei bis drei nebeneinandergestellt sind.

In der Verlängerung des Maschinensaales befindet sich die *50 kV-Innenraum-Schaltanlage* (Bilder 24 und 50). Sie ist vertikal aufgebaut: Zuoberst die Sammelschiene, dann absteigend die Trenner, die Leistungsschalter vom ölarmen Typ (Abschaltleistung 1500 MVA) mit Druckluftantrieb, und auf Erdgeschosshöhe schliesslich die Spannungswandler in masseisolierter Kaskadebauart, sowie die Endverschlüsse der Massekabel, welche die Verbindung einerseits zu den beiden Transformatoren und anderseits zu den zwei Freileitungen herstellen, durch welche die Energie nach den Unterwerken Wildegg und Kappelerhof des AEW fliesst. Als Leiter dient Kupferrohr.

Die *150 kV-Schaltanlage* ist als Freiluftanlage über der Generatorschaltanlage aufgebaut (Bild 51). Sie umfasst wie die 50 kV-Anlage zwei Transformatorfelder, eine Sammelschiene und zwei Leitungsfelder. Die Leitungen führen einerseits nach dem Unterwerk des Kraftwerkes Beznau und anderseits über Affoltern nach dem Unterwerk Mettlen. Meistens fliessen grosse Leistungen im Transit durch die Anlage. Es sind ölarme Leistungsschalter mit Federkraftspeicherantrieb und einer Abschaltleistung von 3500 MVA eingebaut. Die Strom- und Spannungswandler sind vom normalen, ölgefüllten Isoliermanteltyp. Als Verbindungsleitungen sind Kupferseile gespannt.

Für den *Leitungsschutz* sind in den 50 kV- und 150 kV-Linienfeldern Schnelldistanzschutzrelais eingebaut. Sie bilden ein zusätzliches Glied im Selektivschutzsystem des NOK-Leitungsnetzes, das einheitlich mit Schnelldistanzschutzrelais ausgerüstet ist.

Beiden Generatoren ist je ein für Vollast ausgelegter *Wasserwiderstand* (Bild 52) zugeordnet. Dadurch wird erreicht, dass Störungen im Leitungsnetz und den Schaltanlagen durch Umschaltung der Generatoren auf diese Widerstände, ohne Veränderung der Generatorlast und damit des Wasserdurchflusses durch die Turbinen, begegnet werden kann. Diese Zu-

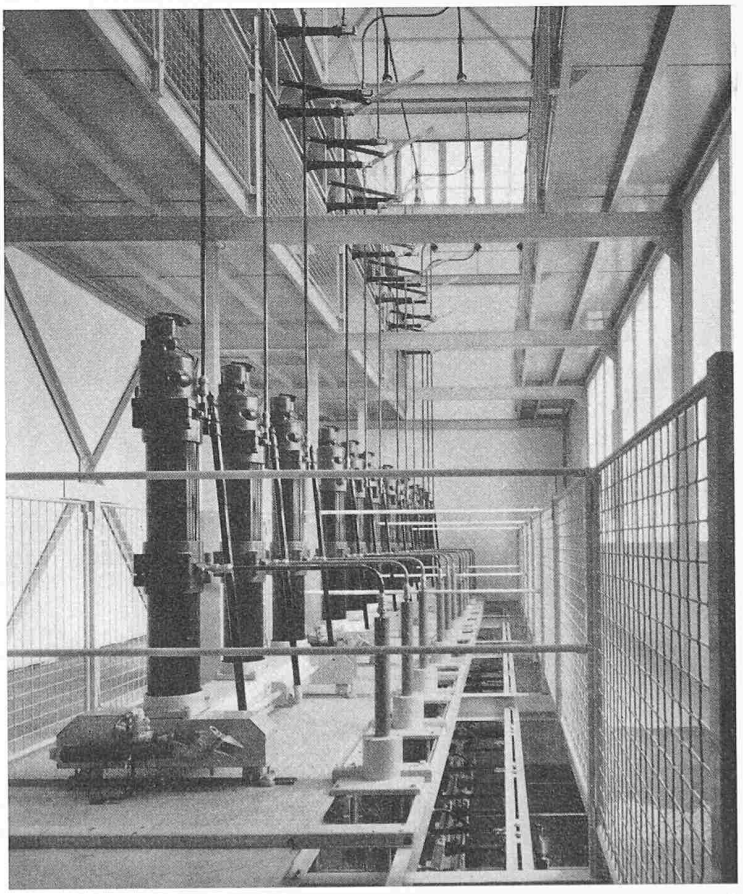

Bild 50. 50 kV-Schaltanlage. 13. Juni 1952

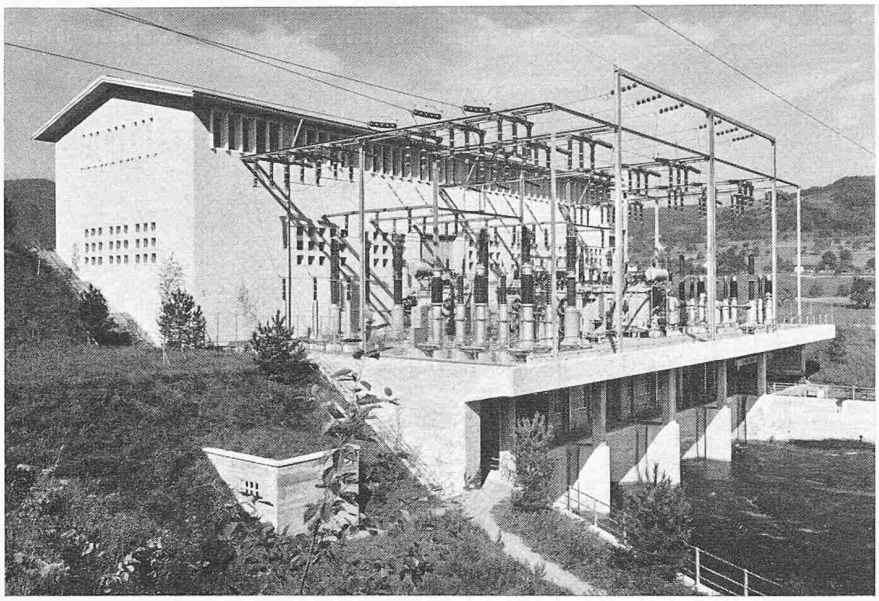

Bild 51. Maschinenhaus vom Unterwasser mit 150 kV-Freiluftschaltanlage. 1. September 1954

satzeinrichtungen sind notwendig, weil ein plötzliches Schliessen beider Turbinen im Ober- und Unterwasserkanal Schwall- und Sunkwellen bis zu 1,2 m Höhe zur Folge hat, die für eine künftige Grosschiffahrt gefährlich werden könnten.

Wohl wären automatische Beipass-Schützen ein Schutz gegen Durchflussveränderungen selbst im Falle von Störungen an den Turbinen und Generatoren; da solche jedoch nur sehr selten und aller Wahrscheinlichkeit nach nie bei beiden Maschinengruppen gleichzeitig eintreten, fiel der Entscheid zu Gunsten der billigeren und einfacheren Wasserwiderstände.

Im Falle von Störungen seitens des Netzes und der Schaltanlagen werden die Wasserwiderstände über einen Druckluftschalter direkt an die Generatorklemmen gelegt. Gleichzeitig gibt ein druckluftbetätigtes Ventil den Durchfluss des Kühlwassers (etwa 100 l/s) frei. Die Eintauchtiefe der Elektroden wird nach dem Kommandoraum ferngemeldet und von dort aus laufend entsprechend der Generatorbelastung eingestellt, so dass der Belastungswiderstand nach dem Zuschalten die gleiche Last wie das Netz aufnimmt und die Turbine keine Regulierbewegungen ausführen muss, welche den Wasserzufluss verändern würden. Als Kriterium für die Zuschaltung des Wasserwiderstandes wurden gewählt: 1. Aus-Stellung des Generatorschalters (der Schalter zum Widerstand zweigt vor dem Generatorschalter zum Transformator ab), 2. Frequenzanstieg bei Minimalstrom, 3. Momentaner Stromrückgang.

Die Kriterien 2 und 3 wurden deshalb zusätzlich herangezogen, weil eine Totalentlastung des Generators auch bei eingeschaltetem Generatorschalter stattfinden kann, wie z. B. in Störungsfällen bei Auftrennung aller vom Generator zum Netz führenden Strombahnen. Die entsprechenden Apparaturen arbeiten unabhängig voneinander, so dass das jeweils am schnellsten ansprechende System den Ein-Befehl erteilt. Anhand individueller Signale können die Funktionen verfolgt und ausgewertet werden.

Je nach dem Verlauf der Störung wird bei eingeschaltetem Wasserwiderstand entweder wieder auf das Netz synchronisiert oder es werden die Maschinen von Hand langsam entlastet und abgestellt bei gleichzeitiger Oeffnung des Stauwehres.

Erleidet der Generator selbst einen Schaden, z. B. einen Isolationsdefekt, so ist er nicht auf den Wasserwiderstand zu schalten, sondern zu entregen und stillzusetzen. Dies wird dadurch erreicht, dass die beim «kranken» Generator ansprechenden Schutzrelais: Differentialstromrelais, Windungsschlussrelais, Statorerdschlussrelais, sowie die auf den Generatorschalter wirkenden Thermostaten die Lastumschaltapparatur blockieren, weil sonst die Fehlerströme und damit die Schäden durch den relativ niedrigohmigen Wasserwiderstand unter Umständen erheblich vergrössert werden könnten. In diesen Fällen muss die Auswirkung des Turbinenschlusses in Kauf genommen werden. Die Lastumschaltapparatur kann auch von Hand blockiert werden, was zum Beispiel für die Revision einzelner Apparate erwünscht ist.

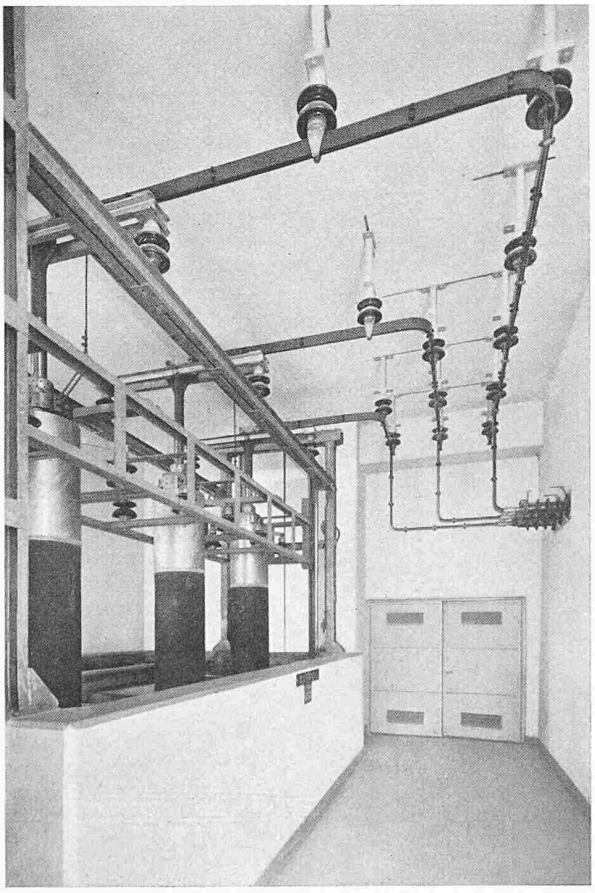

Bild 52. Wasserwiderstand 8,2 kV, 23 000 kW. 23. Oktober 1953

5. Kommandoraum

Der *Kommandoraum* für die ganze Anlage konnte zwischen Maschinensaal und Rechenvorbau in günstiger, zentraler Lage angeordnet werden. Dabei musste aber in der Disposition der notwendigen Tafeln und Pulte berücksichtigt werden, dass ein verhältnismässig schmaler, aber langer Raum zur Verfügung stand. Im Normalbetrieb eines Laufkraftwerkes muss die Betriebsführung in erster Linie dafür sorgen, dass der Wasserspiegel am Stauwehr die vorgeschriebene Höhe beibehält. Zur Erleichterung dieser Aufgabe sind die Anzeigeinstrumente für den Oberwasserkanal, die Leuchtpfeile zur Angabe der Tendenz des Wasserspiegels (steigend oder fallend), die Stellungsrückmeldung der vier Wehrverschlüsse (mit masstäblichen, bewegten Symbolen und Zahlenangaben auf Rollenzahlwerken) und die Druckknöpfe zur Fernsteuerung der zugehörigen Windwerkmotoren in einem zentralen Lastfeld zusammengefasst (Bild 53). Auf beiden Seiten schliessen symmetrisch die Turbinen- und Generatorfelder an, hierauf folgen die Felder für die Transformatoren und die abgehenden 150 kV-Leitungen. Die 50 kV-Leitungsabgänge werden von einem Schaltpult aus gesteuert. Die Tafeln der Eigenbedarfsversorgung mussten hinter den Haupttafeln Platz finden. In das Pult des Schichtführers ist eine Vermittlerplatte der automatischen Telefonanlage eingelassen, von der aus die zwei Amtsanschlüsse und die 22 internen Anschlüsse bedient werden können. Der Betriebsleiter verfügt in seinem Bureau über eine zweite Vermittlerplatte. Der

ganz im Gebäudeinnern gelegene Kommandoraum wird mit Hochspannungsleuchtröhren indirekt beleuchtet, sowie durch eine automatische Klimaanlage belüftet und beheizt oder gekühlt.

Bild 53. Kommandoraum. 4. Oktober 1953

6. Eigenbedarfsversorgung

Für den Werkbetrieb selbst stehen Wechselstrom mit 380/220 Volt und Gleichstrom mit 110 und 24 Volt zur Verfügung. Das Eigenbedarfsversorgungsnetz 380/220 Volt kann sicherheitshalber von drei Seiten her gespeist werden: Ueber den Werktransformator von einer der beiden Generatorsammelschienen, über den Eigenbedarfstransformator von der Eigenbedarfsgruppe im Stauwehr und im Notfalle noch von einem Diesel-Notstromaggregat. Normalerweise ist das Eigenbedarfsnetz über den Werktransformator mit der 8,2 kV Generatorenschaltanlage gekuppelt, so dass der Leistungsüberschuss der Eigenbedarfsgruppe ins Hochspannungsnetz abfliessen kann.

Die beiden erwähnten Transformatoren von je 650 kVA Nennleistung sind im Freien aufgestellt. Der Werktransformator ist mit einem Last-Stufenschalter ausgerüstet und wird von Hand auf konstante Eigenbedarfsverteilspannung reguliert, da die 8,2 kV Sammelschienenspannung je nach der Betriebsspannung im 150 kV-Netz, ganz beträchtlich schwanken kann. Oberspannungsseitig werden die beiden Transformatoren durch Lasttrenner geschaltet.

Als letzte Energiereserve steht die neben der Eigenbedarfsschaltanlage aufgestellte Diesel-Notstromgruppe zur Verfügung. Eine gemeinsame, federnd gelagerte Grundplatte trägt den Viertakt-Dieselmotor und den damit direkt gekuppelten Drehstromgenerator. Der unaufgeladene, schnellaufende Motor besitzt 12 Zylinder in V-Anordnung von je 2,39 l Hubvolumen und leistet 300 PS bei 1500 U/min. Bei einer Spannungsabsenkung im Eigenbedarfsnetz werden durch ein Minimalspannungs-Zeitrelais die Schalter zum Werktransformator und zur Eigenbedarfsgruppe ausgelöst und das Notstromaggregat automatisch durch Druckluft angeworfen. Nach 6 bis 10 Sekunden ist die Nenndrehzahl erreicht, die Gruppe wird zugeschaltet und übernimmt die Eigenbedarfsversorgung mit regulierter Spannung und Frequenz. Die Zurückschaltung auf Normalbetrieb muss von Hand vorgenommen werden.

Bei Störungen, d. h. insbesondere wenn trotz aller Sicherheitsmassnahmen die Wechselstrom-Eigenbedarfsspannung ausfallen würde, müssen die Schutz- und Ueberwachungsanlagen ihre wichtigen Aufgaben trotzdem erfüllen können. Zu diesem Zwecke sind im Maschinenhaus zwei Gleichstromanlagen von 110 und 24 Volt Verteilspannung und im Stauwehr eine solche von ebenfalls 24 Volt eingebaut.

Im Maschinenhaus werden sämtliche Schutzeinrichtungen und die Schalter von der 110 Volt-Anlage gespeist, währenddem die Ueberwachungsorgane, d. h. die Störungssignale und Messeinrichtungen, an die 24 Volt-Verteilung angeschlossen sind. Die Speisung des 110 und des 24 Volt-Netzes erfolgt aus einer 110 Volt-Akkumulatorenbatterie von 288 Ah Kapazität bei zehnstündiger Entladung. Die 24 Volt-Spannung wird von einer dauernd mitlaufenden Umformergruppe erzeugt.

Diese Umformergruppe besteht aus drei Maschinen, einem Drehstrommotor von 3,5 kW Leistung, einem kombinierten 110 Volt-Gleichstrommotor bzw. -generator von 1 kW Generatorleistung und einem 24 Volt-Gleichstrom-Generator von 0,5 kW Leistung. Solange im Normalbetrieb die Wechselspannung vorhanden ist, treibt der Drehstrommotor sowohl den 110 Volt- als auch den 24 Volt-Generator an. Dabei wird die Akkumulatorenbatterie mit einer Spannung von 122 Volt dauernd unter Ladung gehalten. Die Charakteristik des 110 Volt-Generators wurde so gewählt, dass grosse Belastungen nicht vom Generator, sondern von der Batterie abgegeben werden. Fällt die Wechselspannung aus, so läuft die 110 Volt-Maschine als von der Batterie her gespeister Motor weiter, so dass der 24 Volt-Generator seine Energie ohne Unterbruch weiter abgeben kann. Der 24 Volt-Generator ist zudem mit einem automatischen Spannungsregler ausgerüstet. Eine zweite gleiche Gruppe dient als Reserve.

Im Stauwehr wurde eine 24 V-Akkumulatorenbatterie von ebenfalls 288 Ah Kapazität bei zehnstündiger Entladung aufgestellt. Diese Batterie wird mit einer Spannung von 27 V von einem Selenmetall-Trockengleichrichter dauernd geladen. Ein Spannungsüberwachungsgerät schaltet den Gleichrichter automatisch auf im Maximum 12 A Starkladung bzw. umgekehrt wieder auf Dauerladung um.

7. Hilfsanlagen

Maschinensaalkrane. Um eine grosse Beweglichkeit sowie eine schnelle und präzise Montage und Demontage der Turbinen und Generatoren zu ermöglichen, wurden im Maschinenhaus zwei Laufkrane von je 90 t Tragkraft eingebaut. Sie sind mit je fünf Motoren ausgerüstet und können mechanisch gekuppelt werden. Für das Versetzen der schwersten Montagestücke wie Polrad (169 t) und Laufrad mit Welle und Tubinendeckel (150 t) wird eine Lasttraverse verwendet. Die technischen Daten sind:

Spannweite					16,06 m
Kranfahrgeschwindigkeit	bei	Lasten	bis	90 t	15 m/min.
Katzfahrgeschwindigkeit	«	«	«	90 t	8 m/min.
Haupthubwerk	«	«	«	25 t	2 m/min.
Haupthubwerk	«	«	«	90 t	0,6 m/min.
Hilfshubwerk	«	«	«	7,5 t	2 u. 10 m/min.
Hubhöhe für 90 t und 7,5 t-Haken					20 m

Die Krane sind nach dem Dreiträgersystem gebaut, nämlich mit zwei Hauptträgern und einem Galerieträger, und in geschweisster Vollwand-Blechkonstruktion rahmenartig ausgebildet. Oberwasserseitig ist der Führerstand mit Hauptschalter, Kontrollern und Schaltern für die Motoren angeordnet. In den zwei Rollenkasten pro Kran wurden je drei Rollen aus Stahlguss untergebracht, wobei die mittlere Rolle zwecks Lastausgleich in einem Gelenk gelagert ist. Der Antrieb des Kranfahrwerkes geschieht durch einen 15 PS-Motor, welcher durch ein Vorgelege auf zwei der erwähnten, mit aufgeschraubtem Zahnkranz versehenen Rollen einwirkt.

Die Laufkatze besteht aus einem Profileisenrahmen mit 90/25 t Haupt-, 7,5 t Hilfshub- und einem Katzfahrwerk. Das Haupthubwerk wird durch einen 23 PS-Motor angetrieben und enthält zwei Seiltrommeln von 760 mm ⌀ (Seil-⌀ 32 mm), ein Wechselvorgelege entsprechend den zwei verschiedenen Hubgeschwindigkeiten für Lasten bis 90 und 25 t und die 90 t-Hakenflasche. Das 7,5 t-Hilfshubwerk ist mit einem Zweimotor-Differentialgetriebe (6 und 18 PS) versehen. Für den Katzantrieb ist ein 8 PS-Motor installiert. Zur Begrenzung der höchsten und tiefsten Stellung der beiden Haken sind Notendschalter angebracht.

Rechenreinigungsmaschinen. Die Rechenanlage vor dem Maschinenhaus kann mit zwei auf der gleichen Bahn voneinander unabhängigen, fahrbaren, halbautomatischen Rechenreinigungsmaschinen mit elektrischem Antrieb der Fahr-, Hub- und Schwenkwerke bedient werden. Die Stromzuführung erfolgt unterirdisch über zwei in einem Schlitz laufende Unterflur-Stromabnehmer. Die Maschinen haben eine Fahrgeschwindigkeit von 0,3 m/s. Der Schaufelwagen mit einer Schaufelbreite von 2,20 m hat eine Senkgeschwindigkeit von 0,85 m/s und eine Hubgeschwindigkeit von 0,38 m/s. Jede Maschine ist noch mit einem seitlich montierten Schwenkkran mit Elektrozug von 1,5 t Tragkraft ausgerüstet, um schweres und sperriges Schwemmgut getrennt aus dem Wasser heben zu können.

Ueber den Grad der Rechenverschmutzung wird das Betriebspersonal durch eine hydraulische Messeinrichtung orientiert, welche die Differenz des Wasserstandes vor und nach dem Rechen, das sogenannte Rechengefälle, im Kommandoraum dauernd anzeigt. Ein einstellbarer Maximalkontakt löst ein Signal aus, wenn eine Rechenreinigung nötig ist. Die beiden Reinigungsmaschinen sind spiegelbildlich aufgebaut, um zugleich auch als Dammbalkenversetzkrane eingesetzt werden zu können (Bild 26). Dazu werden sie mechanisch und elektrisch gekuppelt und sind mit zusätzlichen Hebeeinrichtungen ausgerüstet, welche über eine elektrische Welle miteinander verbunden und für eine totale Nutzlast von 27 t gebaut sind. Die Hubwerke bestehen aus zwei Dreiphasen-Asynchronmotoren mit Doppelkäfigrotor, die als Hauptmotoren dienen, und zwei Wellen- oder Selsyn-(selbstsynchronisierenden)Maschinen, welche die elektrische Ausgleichswelle bilden, indem deren Rotoren parallel miteinander verbunden sind und dafür sorgen, dass die Dammbalken-Hubwinden unabhängig von der notwendigen Anzugskraft genau parallel arbeiten. Dies ermöglicht die Bedienung von *einer* Steuerstelle aus.

Das entsprechende Schaltpult auf der einen Rechenreinigungsmaschine ist mit zwei Steuerschaltern und zwei Messinstrumenten ausgerüstet. Das eine Instrument zeigt die Höhenlage der Dammbalken und das andere eine während des Manövrierens eventuell entstandene Höhendifferenz zwischen den beiden Enden des Dammbalkens an, wobei ein Verkanten bis maximal 10 mm zulässig ist. Eine zu grosse Höhendifferenz kann aus dem Stillstand in der Weise korrigiert werden, dass durch den einen Steuerschalter ein Windwerk ausser Betrieb gesetzt und die elektrische Welle unterbrochen wird, während man mit dem zweiten Bedienungsschalter das andere Windwerk allein auf- und abwärts steuert.

Das Versetzen der Dammbalkenelemente vollzieht sich mit einer Hub- und Senkgeschwindigkeit von 1 m/min. Die beiden Wellenmaschinen laufen gegen das Drehfeld und sind imstande, Ungleichheiten der Belastung bis zum 2,5-fachen Wert des Nenndrehmomentes der Hauptmotoren auszugleichen. Wenn der Drehmomentunterschied an einer Winde grösser als dieser Betrag wird, so fällt die elektrische Welle ausser Tritt und der Antrieb wird dadurch stillgesetzt. So bietet die elektrische Welle gleichzeitig noch eine Sicherheit gegen Ueberlastung der Antriebsmotoren.

Kahntransportanlage. Die neben dem Maschinenhaus auf der Seite gegen die Aare erstellte Kahntransportrampe hat eine totale Länge von 385 m, im Maximum 10 % Neigung und eine Gleisanlage von 2,3 m Spurweite. Der Transportwagen kann mit einem Vierteiler- oder gleichzeitig mit zwei Dreiteiler-Pontons beladen werden. Er fährt mit einer Maximalgeschwindigkeit von 1,0 m/s; die gemessene Fahrzeit beträgt bei beladenem Wagen etwa 6 Minuten.

Bei dieser Kahntransportanlage wurde zum ersten Mal der Wagen durch ein endloses Stahlseil in Bewegung gesetzt, welches mit Hilfe von zwei unter dem Wagen montierten kräftigen Zugfedern gespannt wird. Eine Winde, die am höchsten Punkt der Rampe im Boden versenkt montiert wurde, treibt das Seil an. Ueber ihr befinden sich die Bedienungs- und Ueberwachungsvorrichtungen. Im Ober- und Unterwasser liegt je eine verschalte Seilumlenkrolle, versuchsweise die eine mit einem durch Aarewasser selbst geschmierten Gummilager und die andere mit einem vollständig gedichteten, fettgeschmierten Lager.

Der Antrieb mit endlosem Seil bietet gegenüber einer gewöhnlichen Winde mit einfachem Seil den Vorteil, dass das zeitraubende Umlenken des Seiles auf dem Kulminationspunkt der Rampe wegfällt, das bei schlaffem Seil leicht Störungen verursacht. Dieses Umlenken wäre im Kraftwerk Wildegg-Brugg durch das 122 m lange Rampenstück mit nur 1 % Gefälle bei einem einfachen Seilantrieb besonders erschwert gewesen, hätte doch der Wagen auf dieser Strecke in einer Fahrrichtung gestossen werden müssen. Ausser beim Beladen und Entladen des Wagens kann bei der vorliegenden Anlage ein Bedienungsmann des Werkes die Ueberfuhr der Schiffe bewerkstelligen; es müssen somit keine Fremdpersonen mithelfen, was die Unfallgefahr ganz wesentlich verringert.

Sickerwasser- und Entleerungspumpen. Das Sickerwasser aus den unter dem Unterwasserspiegel gelegenen Räumen, sowie das Kühlwasser der Turbinenölkühler sammelt sich im zentral gelegenen Pumpenschacht. In diesen können über Keilschieber auch die Spiralen und Saugrohre der Turbinen entleert werden.

Im Pumpenschacht selbst sind drei vertikalachsige Bohrlochpumpen, eine Sickerwasserpumpe und zwei Entleerungspumpen, eingebaut. Die Motoren mit den Traglagern stehen auf Kote 336.20, am Motoruntersatz hängt die rund 18 m lange konzentrische Förder- und Wellenleitung mit den Pumpen auf Kote 318.50. Auf Kote 334.60 zweigt die horizontale Auslaufleitung ins Unterwasser ab. Die Pumpen haben folgende Nenndaten:

Pumpe für		Sickerwasser	Entleerung
Fördermenge	l/s	50	240
Förderhöhe	m	18	18
Motorleistung	PS	25	81

Die dauernd laufende Sickerwasserpumpe fördert das im Normalbetrieb anfallende Sicker- und Kühlwasser. Ihre Fördermenge wird in Abhängigkeit vom Wasserstand im Schacht über einen pneumatischen Regulierapparat durch die Verstellung einer Drosselklappe dem Zufluss angepasst. Steigt der Wasserspiegel im Schacht über eine bestimmte Kote, so wird durch eine Schwimmersteuerung eine der beiden Entleerungspumpen intermittierend eingeschaltet. Die zweite Entleerungspumpe dient als Reserve.

Schaumlöschanlage. An Brandschutzeinrichtungen wurde neben dem CO_2-Brandschutz für die Generatoren und der Wassernebelanlage für die Transformatoren in der Freiluftschaltanlage im Untergeschoss des Maschinenhauses und zwar im Raume des Wasserwiderstandes der Maschinengruppe 1 noch eine ortsfeste Schaumlöschanlage installiert. Diese besteht aus einem Zumischer mit 1000 kg Schaumextrakt und aus einem Anschluss über einen Hauptschieber an das Hydrantennetz, das unter einem Druck von 10 atü steht. Diese Einrichtung liefert in 14 Minuten eine Schaummenge von 170 m^3. Die Schaumleitung speist eine Verteilbatterie, von der die einzelnen Stichleitungen über Schieber nach folgenden zu schützenden Räumen gehen: Montageschacht, Oelmagazin, Kompressorengang, Werkstatt, Maschinensaal, Freiluftschaltanlage.

Während im Montageschacht und im Oelmagazin an der Decke je zwei Luftschaumrohre mit vier Sprinklern fest montiert sind, um den ganzen Raum in seiner Vertikalprojektion mit Luftschaum überdecken zu können, sind in den andern Räumen Feuerhahne und Schlauchhaspel montiert, so dass nach Bedarf Schläuche mit Hand-Luftschaumrohren angeschlossen werden können. Die Auslösung der Anlage erfolgt vom Standort des Zumischers aus durch Freigabe des Wasserzuflusses, Stellung des Zumischers auf Arbeit und Freigabe der notwendigen Stichleitungen.

Die *Werkstatt* des Maschinenhauses, in der die notwendigsten Arbeiten für sämtliche Anlageteile ausgeführt werden, musste möglichst vielseitig und zweckmässig eingerichtet werden. Nebst einer Drehbank Oerlikon (225 mm Spitzenhöhe, 1500 mm Spitzenweite), einer Schäublin-Werkzeugmacherdrehbank sowie je einer Säulen- und Tischbohrmaschine findet man Kaltsäge, Shapingmaschine, Schleifmaschinen und eine Schmiedeeinrichtung. Die elektrische und die autogene Schweissanlage, eine moderne Werkbank für vier Arbeitsplätze mit allen notwendigen Werkzeugen und eine Holzbandsäge vervollständigen die Ausrüstung.

Fortsetzung folgt