

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 22

Artikel: Das Kraftwerk Wäggital
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44788>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

INHALT: Das Kraftwerk Wäggitäl. — Lagerhaus „Eglisana“ in Zürich 2. — Die schweizerischen Eisenbahnen im Jahre 1930. — Mitteilungen: Der elektrische Schiffschraubenantrieb. Von der „Hyspa“ in Bern. Neue Fahrleitungs-Omnibusse in Italien. Ein Motor als Denkmal. Modernes Bauen und Tradition. Rechtsufrige

Gardaseestrasse. Eidgenössische Technische Hochschule. Das Studentenhaus der Technischen Hochschule Stockholm. — Nekrologe: Eduard Thomann. Theodor Allemann. Rud. Lendorff. — Literatur: Schutz der Bauwerke gegen chemische und physikalische Angriffe. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 22

Das Kraftwerk Wäggitäl.

(Fortsetzung von Seite 252.)

V. DIE ZENTRALE REMPEN.

Aus dem Auflageprojekt von 1921 ergab sich für das Wäggitälwerk eine Produktionsmöglichkeit von rd. 110 Mill. kWh Winterenergie. Diese musste nach den Anforderungen der beiden Partner, der NOK und des EWZ, konzentriert auf 1100 bis 1200 h bezogen werden können. Dies führte zu einer installierten Maschinenleistung von 100 000 kW = 140 000 PS. Aus den beim zweistufigen Ausbau sich ergebenden Teilgefällen, dem natürlichen Zufluss des Stausees Innertal und der Pumpenförderung aus dem untern Gebiet bestimmte sich die Leistung der obern Zentrale zu 80 000 PS, die der untern zu 60 000 PS. Anzahl und Grösse der Maschinengruppen ergaben sich aus der Zusammenarbeit von zwei Partnern und aus dem Bau- und Betriebsvertrag. Zweckmässig war eine gerade Anzahl von Gruppen wegen der Zweiteilung und die Aufstellung von grossen Einheiten entsprechend dem modernen Grundsatz der möglichsten Konzentration. Gefährlich schien aber die Wahl von nur zwei Gruppen pro Zentrale wegen des zu grossen Leistungsausfalls beim Defekt einer Gruppe. Diese Überlegungen führten zu vier Maschinengruppen pro Zentrale. Das Streben nach einer möglichst schlanken Wasserführung entschied zugunsten von vertikalachsigen Maschinen, die günstigen Verhältnisse zwischen Gefälle und Leistung für die Aufstellung von Hochdruck-Spiral-Francis-Turbinen. Im Interesse der Einheitlichkeit erfolgte die Wahl von Generatoren gleicher Leistung (16 500 kVA) für beide Zentralen. Damit wurde die Lieferung der Blindleistung zwangsläufig

zur zentralen Schaltanlage in Siebten. Dazu kommt allerdings noch der Betrieb der besondern Akkumulierpumpenanlage, die im Wasserhaushalt des Wäggitälwerks eine wichtige Rolle spielt.

Die Geländeverhältnisse im Rempen sind beschränkt, die klimatischen Verhältnisse ungünstig. Die Unterbringung aller Anlagen in einem Baublock war erwünscht und wurde möglich durch die Vereinfachung der Schaltanlage infolge der Beschränkung der Arbeitsaufgabe für die Zentrale und einer äusserst konzentrierten Anordnung der grossen Maschinenanlagen (siehe Abb. 38 bis 40). Charakteristisch sind die seitliche Aufstellung der Turbinen-Generatorengruppen, die versetzte Anordnung der Motor-Pumpengruppen in den Zwischenräumen und die Behandlung von Generator, Transformator und Linie als Einheit.

Das Gebäude hat 53,40 m Länge, 26,20 m Breite und 15,90 m Höhe von Maschinenboden bis Dachgesims. Der Unterbau mit den Unterwasserkanälen ist grösstenteils aus Eisenbeton, der Hochbau in Eisenskelettbau (Abb. 41) mit Umfassungswänden aus Kalksandsteinmauerwerk. Auf dem Maschinenboden (Kote 647,50) sind aufgestellt die vier Generatoren in Axenabstand von 8,80 m, die Regulator für die Turbinen und die Oeldruckpumpen. In einem Abstände von 6,70 m von der Längsaxe der Generatoren befinden sich je in der Mitte zwischen zwei Generatoren die vier Pumpenmotoren für je rund 5100 PS Leistung. Diese Anordnung ermöglichte eine bedeutend gedrängtere Aufstellung der Maschinenaggregate, wodurch insbesondere am kostspieligen Unterbau erhebliche Einsparungen gemacht werden konnten. Unter dem Maschinenboden befindet sich das 6 m hohe Zwischengeschoss, in Abständen von 4,40 m unterteilt durch 1,20 m dicke Rahmen in Eisenbeton, in die die Turbinen mit den zugehörigen Apparaten eingebaut sind. Der Boden dieses Zwischengeschosses liegt auf Kote 640,50, also 1,50 m tiefer als der maximale Wasserspiegel im Rempenbecken. Die Entwässerung dieses Geschosses erfolgt nach dem in der nordwestlichen Ecke erstellten Sickerwassersammler von 83 m³ Inhalt. Sobald der Wasserstand in diesem Sammler Kote 639,00 überschreitet, wird eine Pumpe automatisch in Betrieb gesetzt und beim Sinken unter die Kote 636,50 wieder abgeschaltet. Damit bei einem Rohr- oder Gehäusebruch im Turbinenraum das Wasser nach dem Rempenbecken abfliessen kann, ist in der südwestlichen Gebäudeecke eine Sicherheitsklappe von 2,80 × 3,30 m Ausflussöffnung eingebaut. Diese leicht nach aussen geneigte Klappe ist um die obere Kante drehbar, sodass die Abdichtung gegen den Turbinenraum durch ihr Eigengewicht erfolgt. Sobald die Klappe von innen durch Wasserüberdruck von minimal 30 cm oder durch Handzug etwas geöffnet wird, erfolgt die weitere vollständige Öffnung durch ein Gegengewicht.

Die konischen Saugrohre der Turbinen (Abb. 40) ragen bis auf Kote 636,60 und sind mit der Fundamentplatte durch fünf Stützen fest verbunden. Um Vibrationen zu vermeiden, wurden nach den gemachten Erfahrungen an den Turbinen in Siebten auch die Saugrohre in Rempen durch eine konische Umhüllung von armiertem Beton mit dem Turbinenboden verbunden und versteift.

Der Unterwasserkanal der Turbinen, mit Sohle auf Kote 636,0 hat eine lichte Breite von 11,05 m. Beim Austritt aus dem Maschinenhaus wird er durch eine 75 cm starke Zwischenmauer in zwei Gerinne von je 5,15 m Breite, 2,50 m Tiefe und 22 m Länge getrennt. Am Ende sind diese beiden Kanäle durch eine Ueberfallmauer auf Kote 637 abgeschlossen, sodass ein Wasserbecken von 1 m Tiefe entsteht, in das die Saugrohre im Minimum 0,40 m eintauchen.

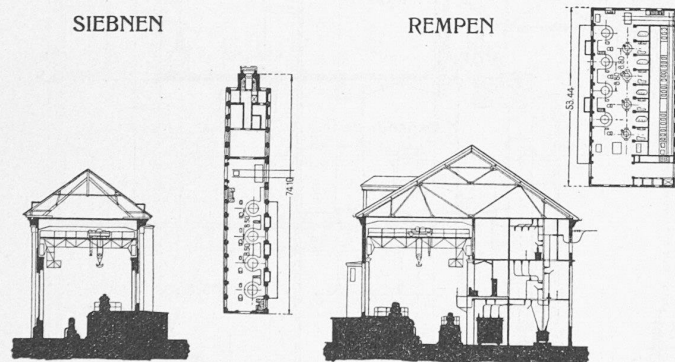


Abb. 37. Vergleich der Querschnitte der Maschinenhäuser Siebten und Rempen.

der näher am Konsumgebiet liegenden untern Zentrale Siebten übertragen. Für beide Zentralen war auch die Auftransformierung der erzeugten Energie auf 50 kV, der Spannung der grossen Transportleitungen beider Partner, gegeben. Für Uebertragung auf grosse Entfernungen kamen die höhern Spannungen von 85/150 kV in Frage. Die Verknüpfung des neuen Kraftwerkes mit den vorhandenen Verbindungsleitungen beider Partner und der Anschluss an das Landesnetz musste in Siebten in einer grossen zentralen Schaltanlage erfolgen.

Aus allen diesen Überlegungen heraus kristallisierte sich die Gesamtanordnung für die Zentralen Rempen und Siebten (Abb. 37). Die Zentrale Rempen hat trotz ihrer grossen Leistungsfähigkeit nur die Bedeutung eines Hilfswerks. Ihre Aufgabe beschränkt sich auf die Erzeugung elektrischer Energie aus dem Wasser des Stausees mit dem Gefälle von dort bis zum Zwischenbecken und der Zuleitung

Diese Ablaufgerinne sind für die Vornahme von Wassermessungen zum Einbau von Messüberfällen eingerichtet. Beim Maschinenhaus können die Unterwasserkanäle bis Kote 642,80 durch je fünf hölzerne Dammbalken-tafeln von $1,20 \times 4,85$ m abgeschlossen werden.

Der Unterwasserkanal für die Zentrifugalpumpen ist 5,20 m hoch mit einer lichten Breite von 4,25 m. Die Kanalsoble liegt auf Kote 633. Zur Abhaltung des Geschwemmsels ist die Kanalöffnung beim Maschinenhaus durch einen aufziehbaren Feinrechen abgeschlossen.

Die Turbinen.

Aufgestellt sind vier mit 500 Uml/min laufende Francis-Spiralturbinen mit vertikaler Welle, berechnet für minimal 15 400 PS bei 203 m und 6850 l/sec, normal 19 000 PS bei 230 m und 7300 l/sec, und maximal 22 500 PS bei 260 m und 7750 l/sec. Der Entscheid für dieses System erfolgte nach eingehenden Vergleichsrechnungen mit vertikalachsigen Pelton-Turbinen und horizontalachsigen Pelton- und Francis-Turbinen. Den Ausschlag für Francis-Turbinen gaben die guten hydraulischen Eigenschaften, der geringere Platzbedarf und die niedrigeren Preise. Zugunsten der vertikalachsigen Ausführung war die sich ergebende bessere Wasserführung entscheidend. Jede Verlustverminderung musste bei der an sich teuren Saisonspeicheranlage wertvoll werden. Der Nachteil der schwierigeren und länger dauernden Montage konnte bei dem stufenweisen Ausbau in Kauf genommen werden; die Betriebssicherheit der Traglager schien nach den neuesten Erfahrungen gewährleistet.

Bei der Berechnung wurde besonders darauf geachtet, dass an keiner Stelle der Turbine eine Wasserablösung eintreten kann. Die Druckverhältnisse im Innern des Leit- und des Laufrades wurden genau untersucht, die Form des Saugrohrs für möglichst hohen Energierückgewinn bestimmt. Zur Erreichung guter Wirkungsgrade mussten im Verhältnis zur Grösse der Einheit äusserst geringe Spaltspiele mit Labyrinthdichtungen angeordnet werden. Besondere Schutzmassnahmen wurden getroffen, um Zerstörungen durch sandhaltiges Wasser zu begegnen. Um unter dem Druck von 26 at eine absolute Dichtheit der zweiteiligen Gehäuse zu erreichen, mussten die Dichtungsnuten zweckentspre-

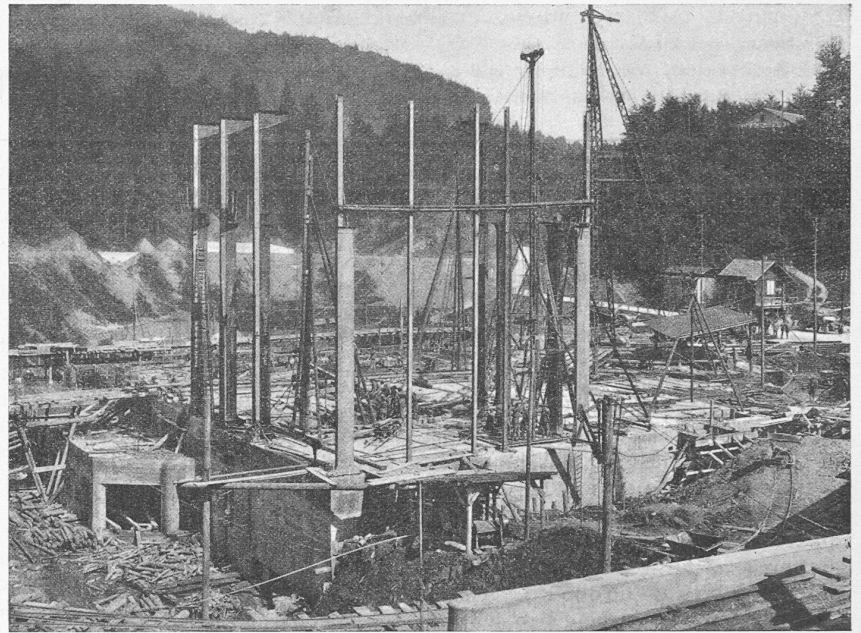


Abb. 41. Maschinenhaus Rempen. Beginn der Montage des Eisenskeletts. — 7. Juni 1924.

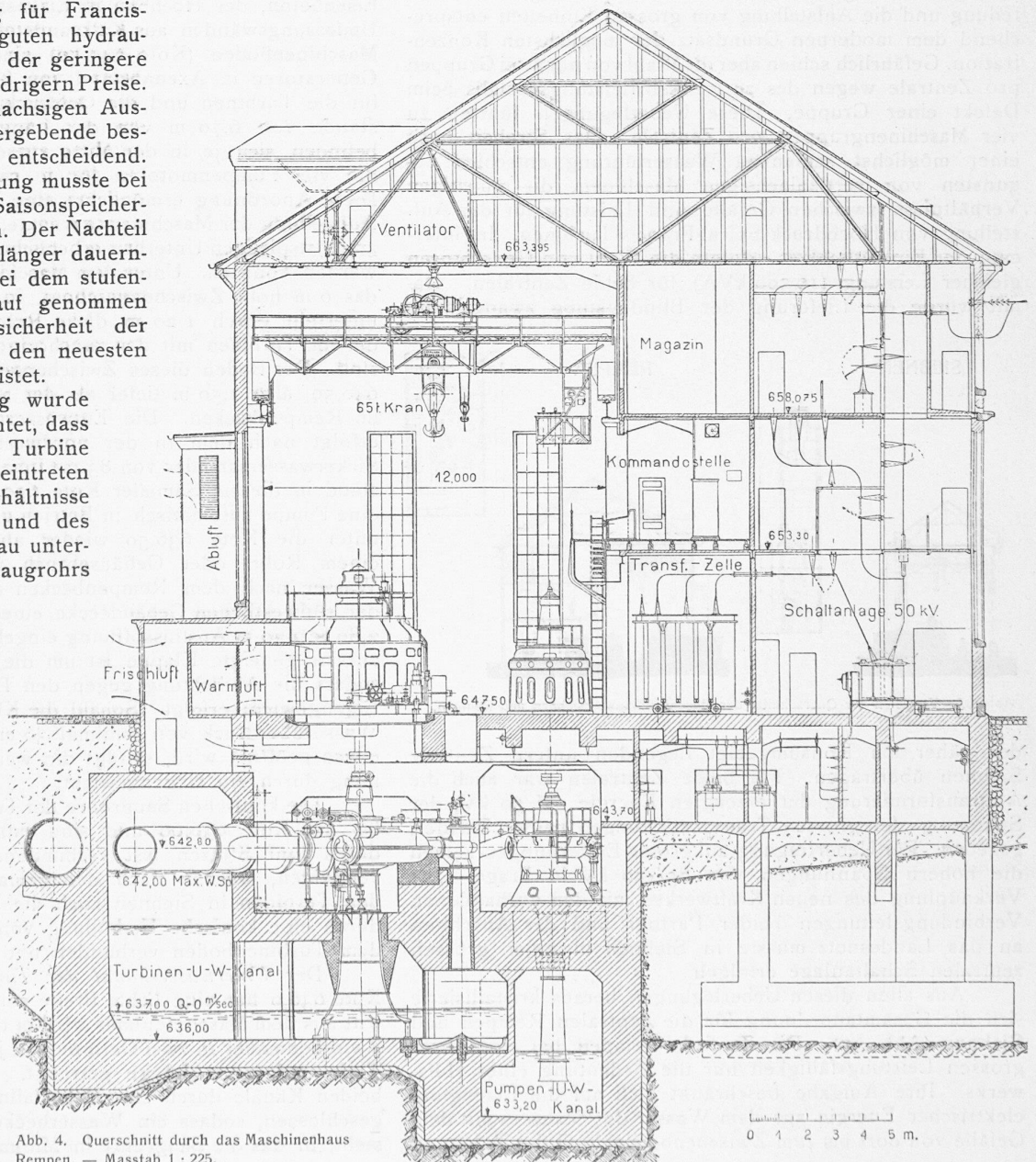
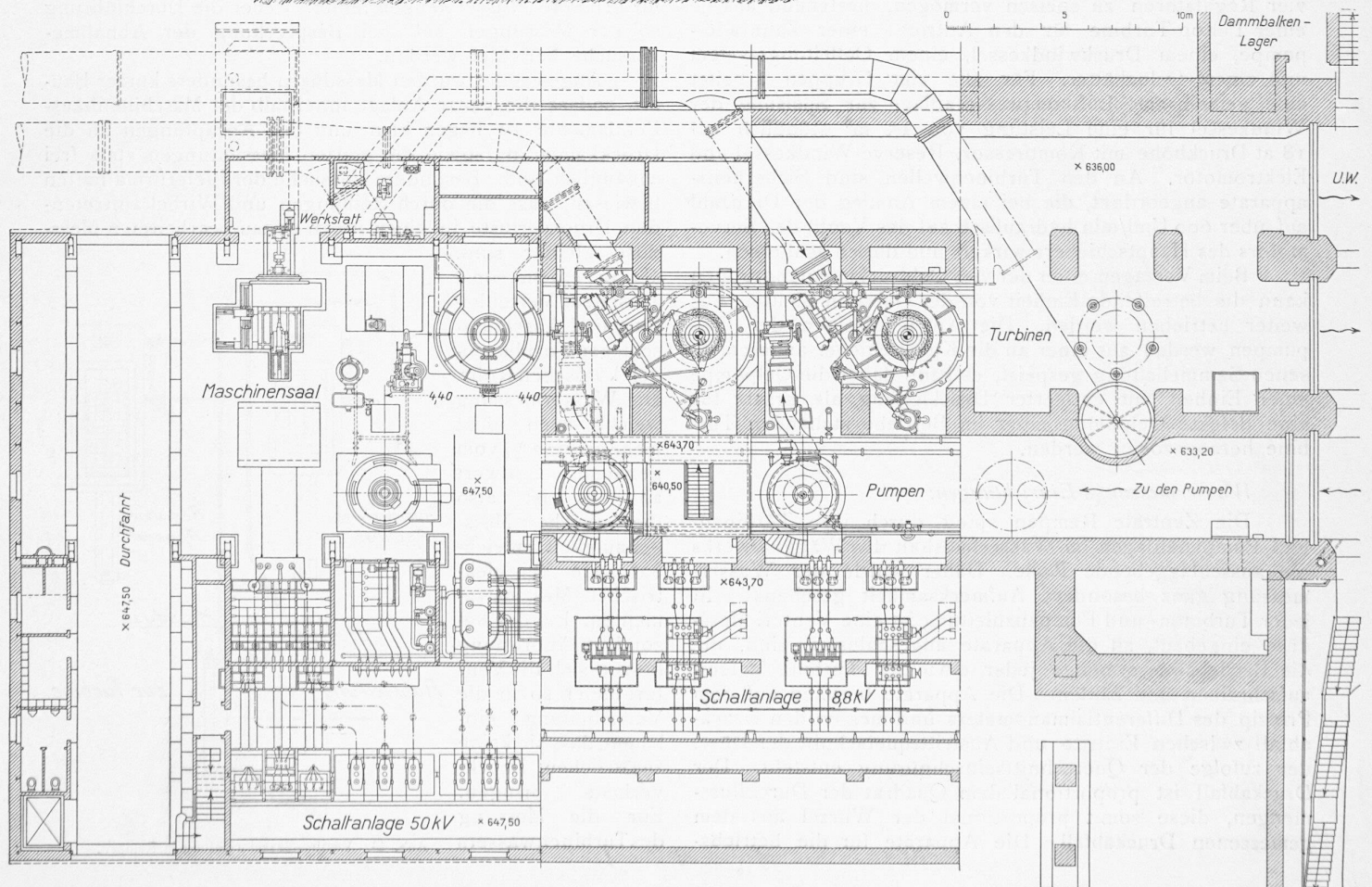
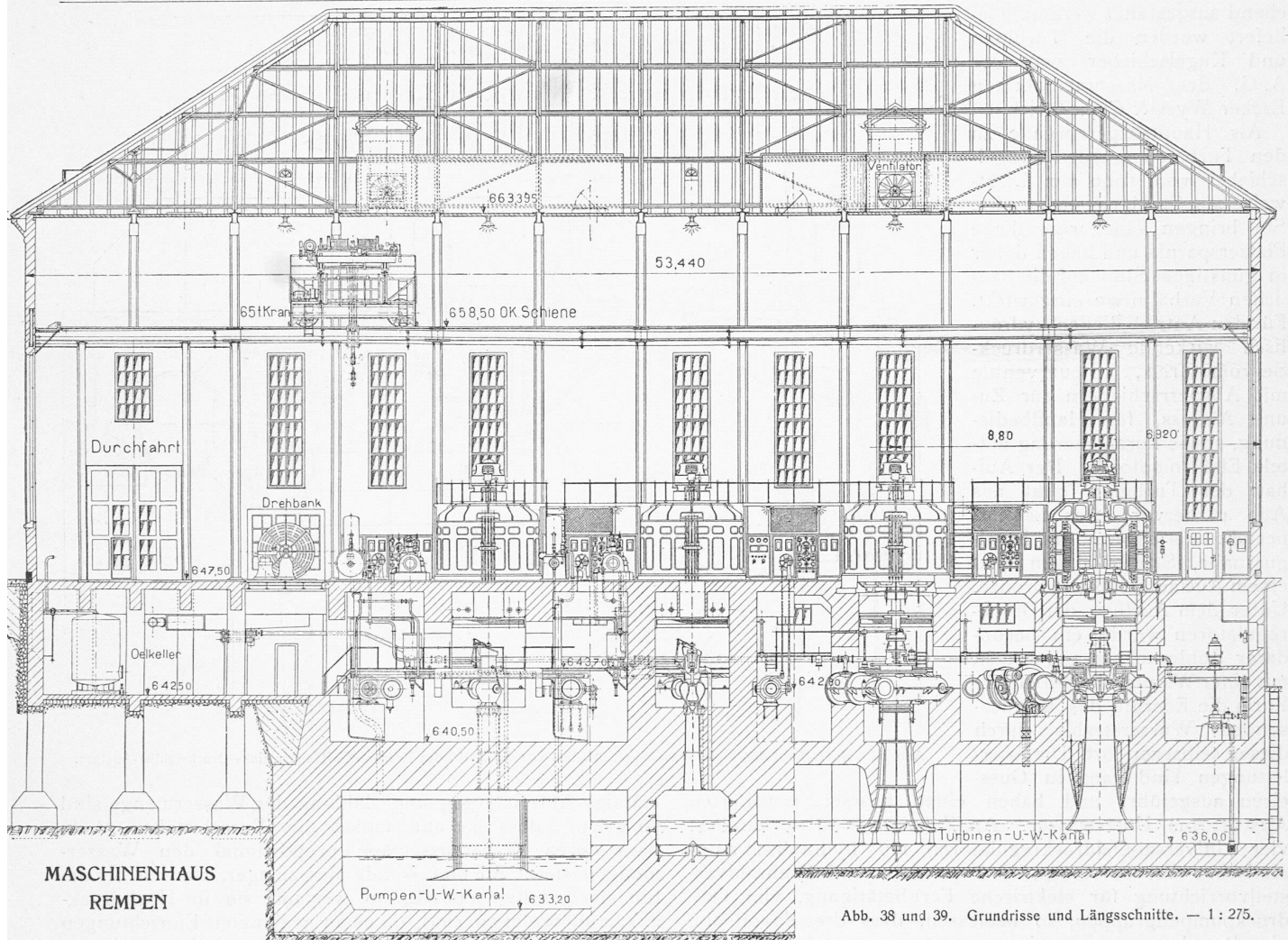


Abb. 4. Querschnitt durch das Maschinenhaus Rempen. — Masstab 1 : 225.



chend ausgestaltet werden. Geliefert wurden die Turbinen und Kugelschieber von der A.-G. der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie., Zürich.

Als Hauptabsperroorgane zu den Turbinen werden Kugelschieber von 1000 mm Lichtweite aus Stahlguss verwendet. Sie bringen eine wesentliche Platzersparnis und haben daher in günstigem Sinn auf die baulichen Verhältnisse eingewirkt. Für den Antrieb dienen hydraulisch wirkende Wasserdruk-Servomotoren, Steuerventile mit Absperrschiebern für Zu- und Abfluss, für Handbedienung, sowie Fernsteuerung mittels Elektromotoren. Der Aufbau der Turbinen geht aus Abb. 42 hervor. Das Laufrad besteht aus Bronze mit Stahlgussnabe, Stahlbandagen und einem Auslaufkonus aus Bronze. Unter dem Ausfluss der Druckregulatoren wurde ein besonderer Sohlenschutz angebracht mit einer Wanne, die durch ihre Form die Energie des ausfließenden Wasserstrahls durch diesen selbst zerstört. Die Saugleitungen sind ganz in Guss-eisen ausgeführt und haben einen grossen erweiterten Austritt ins Unterwasser. An Zubehör sind vorhanden: vier Universal-Oeldruckregulatoren mit hydraulisch-automatischen Servomotoren, Federpendeln und Drehzahlverstellvorrichtung für elektrische Fernbetätigung, vier Oeldruckpumpengruppen, so bemessen, dass drei davon alle vier Regulatoren zu speisen vermögen, bestehend aus je einer Pelton-Turbine für den Antrieb, einer Zahnradölpumpe, einem Druckwindkessel, einem Oelleitungssystem und einem Oelbehälter. Für alle vier Gruppen arbeitet eine gemeinsame Luftkompressoranlage zur Speisung der Windkessel für eine Leistung von 15 m³ stündlich auf 18 at Druckhöhe mit Kompressor, Reserve-Windkessel und Elektromotor. An den Turbinenwellen sind Sicherheitsapparate angeordnet, die bei einem Anstieg der Drehzahl auf über 600 Uml/min hydraulisch auf das Ventil des Servomotors des Hauptschiebers wirken und diesen schliessen.

Beim Versagen einer der vier Oeldruckpumpengruppen kann die betreffende Einheit von der Oelsammelleitung aus weiter betrieben werden. Die Antriebsturbinen der Oelpumpen werden aus einer an die Kugelschieber angeschlossenen Sammelleitung gespeist, es kann daher die Oelpumpe einer Einheit mit entleerter Druckleitung als Ersatz für eine defekte Oelpumpe einer im Betriebe stehenden Turbine herangezogen werden.

Wassermessungs-Einrichtungen.

Die Zentrale Rempen spielt durch ihre Turbinen- und Pumpenanlagen im Wasserhaushalt des Wäggitawerks die ausschlaggebende Rolle. Daher wurde der Wassermessung ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt. In jeder Turbinen- und Pumpenzuleitung ist eine Venturi-Messdüse eingebaut, an die Apparate angeschlossen sind, die die Betriebswassermenge jeder einzelnen Turbine laufend aufschreiben und zählen. Die Apparate beruhen auf dem Prinzip des Differentialmanometers und messen den Druckabfall zwischen Eintritt- und Austrittsquerschnitt der Düse, der zufolge der Querschnittseinschnürung entsteht. Der Druckabfall ist proportional dem Quadrat der Durchflussmengen, diese somit proportional der Wurzel aus dem gemessenen Druckabfall. Die Apparate für die betriebs-

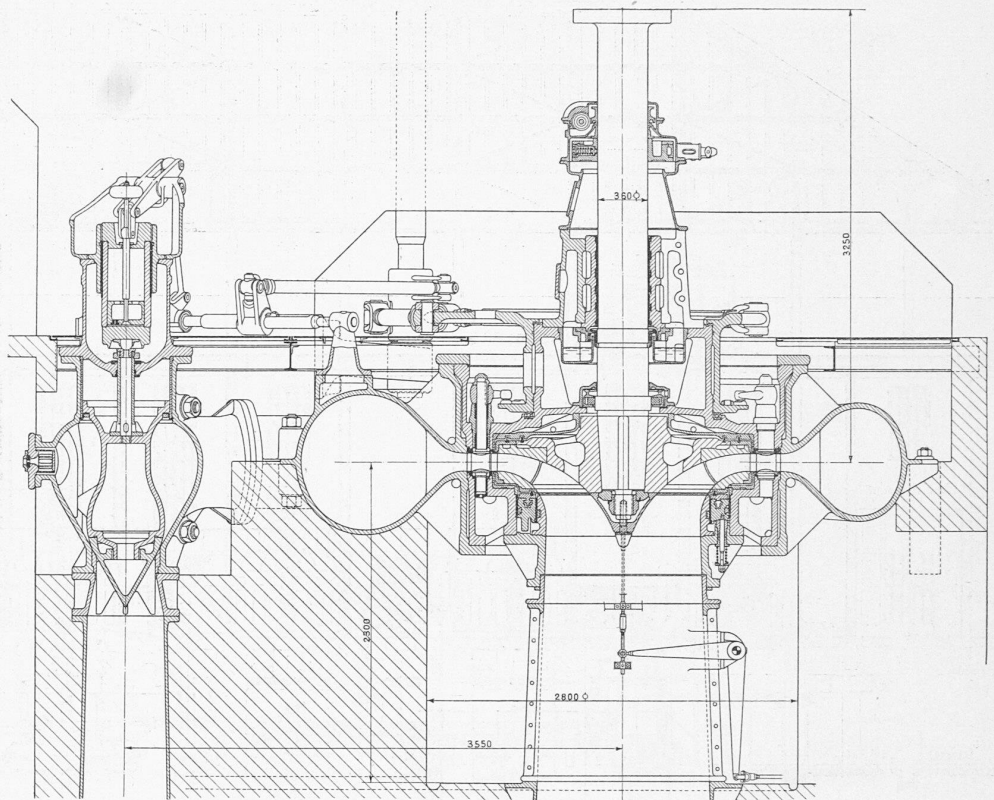


Abb. 42. Querschnitt durch die Francis-Spiralturbine von 24000 PS des Kraftwerks Rempen, links Druckregulier-Auslass.

mässige Aufzeichnung und Zählung der Wassermenge sind so gebaut, dass sie automatisch die Wurzel ziehen, d. h. dass deren Zeigerausschläge proportional den Wassermengen sind. So umfassende Messanlagen wurden bis dahin noch selten erstellt, so wertvoll sie in Hochdruckakkumulieranlagen sind, da es an geeigneten Einrichtungen für grössere Wassermengen fehlte. Ueber die Durchführung solcher Messungen soll bei Besprechung der Abnahmeversuche berichtet werden.

Angewendet wurden Messdüsen besonders kurzer Bauart, sodass die ganze Anlage innerhalb der Maschinenhaus-Fundamente zu liegen kam und die Anzapfungen an die Druckkammern, sowie die ganzen Messleitungen stets frei zugänglich sind. Besondere Versuche der Lieferfirma hatten bewiesen, dass die durch Reibungen und Wirbel auftretenden Druckverluste in einer innen genau bearbeiteten Messdüse kleiner sind, als in einem sonst zwischen Verteilleitung und Abschlussschieber einzubauenden konischen Rohr. Die Wassermessung weicht auch nicht mehr als $\pm 2\%$ vom genauen Sollwert ab, es ist also die gleiche Messgenauigkeit erreichbar, wie bei elektrischen Messinstrumenten. Bei der besonderen Anordnung liessen sich die Venturi-Meter so in die Verteilleitung einbauen, dass sie keine zusätzlichen Druckverluste bringen. Für die Messung des Turbinenwassers

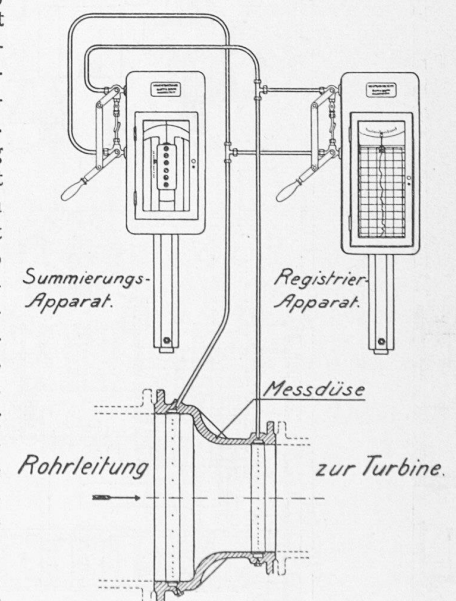


Abb. 43. Venturi-Messeinrichtung in Rempen.

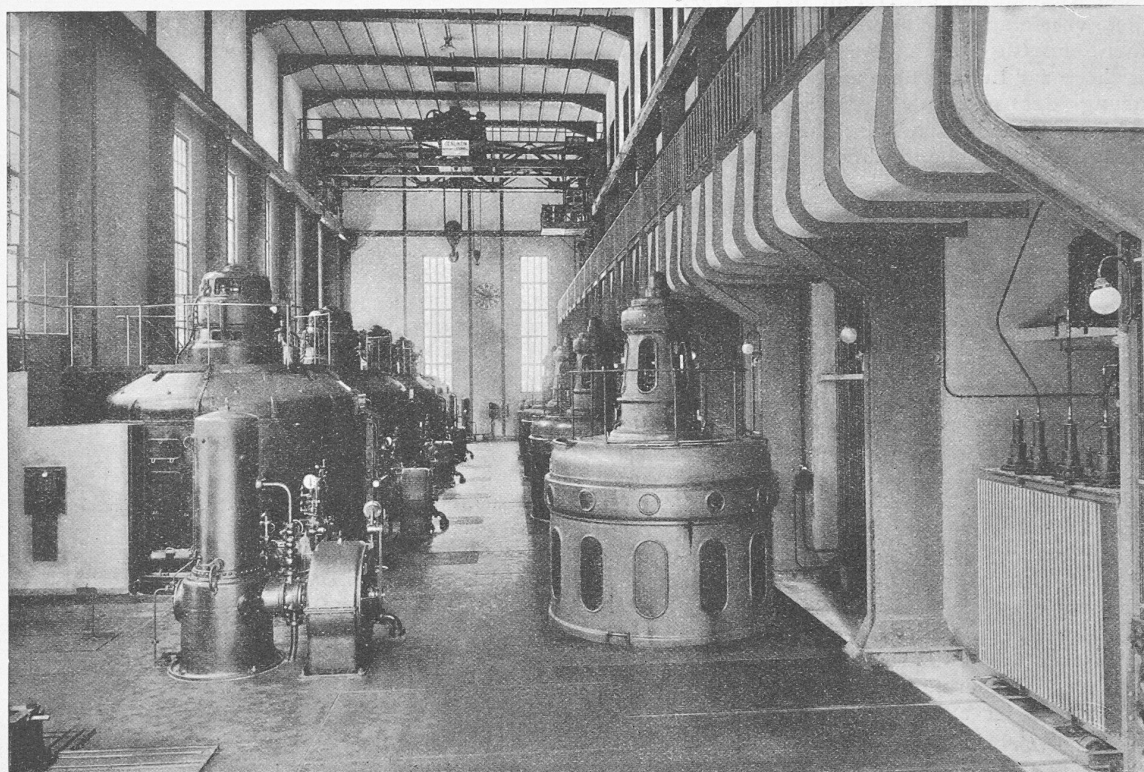


Abb. 44. Blick in den Maschinensaal des Kraftwerks Rempen. — Links die Generatoren; rechts die Pumpenmotoren und die Schaltanlage.

wurde der Uebergang von der Rohrleitung von 1450 mm Durchmesser auf den Turbineneinlauf von 1000 mm Durchmesser benutzt, um den zur Messung nötigen Druckunterschied verlustlos zu gewinnen. Bei den Pumpen wurden Messdüsen von 700/450 mm Durchmesser eingebaut und so die zur Erzeugung der Druckdifferenz verbrauchte Energie durch ein schlankes Konusrohr von 450/600 mm zum grössten Teil zurückgewonnen. Die Messapparate für direkte Anzeige und Zählung sind bei den Bedienungstableaux der Turbinen in den Mauernischen des Ergeschosses untergebracht, also in nächster Nähe der Maschinengruppen (Abb. 43).

Die so ermöglichte genaue Wassermessung gestattet die getrennte Feststellung des von beiden Partnern am Wäggitalwerk verbrauchten oder zurückgepumpten Wassers, sowie durch den Vergleich mit den elektrischen Messungen die dauernde Ueberwachung für einen rationellen Betrieb der Maschinenanlage und die jederzeitige Kontrolle des Turbinenwirkungsgrades.

Für Wassermessungen an den Turbinen stehen im Unterwasserkanal zwei Messüberfälle zur Verfügung mit Vorrichtungen zur Messung der Ueberfallhöhe. Die Kontrolle der Venturi-Wassermesser in den Turbinen- und Pumpenzuleitungen wird durch eine Einrichtung für Flügelmessungen in der Rohrleitung nach System Dufour ergänzt.

Die Generatoren.

Die von der A.-G. Brown Boveri & Cie. gebauten, mit den Turbinen direkt gekuppelten Generatoren (Abb. 44) sind berechnet für normal 16 500 kVA bei 8800 V mit $\cos \varphi = 0,8$, und maximal 19 800 kVA bei 9700 V mit $\cos \varphi = 1$. Sie sind als ganz gekapselte, selbstventilierte Maschinen erstellt. Für die Kontrolle der Temperaturen während des Betriebs sind in den Lagern Fernthermometer angebracht und an den mutmasslich heissesten Stellen in drei Wicklungsnuten und im Blechkörper je ein Widerstandselement eingebaut. Die Kühlluft für die Ventilatoren wird von oben und unten zugeführt; sie wird durch zwei Ventilatoren auf beiden Seiten des Polrades zum Teil über die Spulenköpfe, zum Teil über die Magnetspulen und durch die Kanäle des Statoreisens gepresst. Nach Entfernung der untern Lager- schale und nach Lösen der Kupplung kann das gesamte Polrad samt oberem Lagerstern, Traglager und Erreger ab-

gehoben werden. Die Welle trägt am oberen Ende ein Gewinde, auf das das Aufhängegerät aufgeschraubt und am Kranhaken befestigt werden kann, sowie einen Anpass, der sich beim Anheben des Rotors an die obere Lager- schale anlegt und die ganzen oberen Teile mitnimmt. Mit einem Kranzug können die innern Teile im Gesamtgewicht von etwa 60 t herausgezogen und zur leichten Revision auf besondere Böcke abgestellt werden. Die Bedingung der raschen Zugänglichmachung des Statorinnern und der Turbinenspirale ist somit bei der vertikalen Anordnung erfüllt. Die Traglager sind in einzelne Segmente unterteilt, die sich auf ein System von Kugeln abstützen, durch deren Nachgiebigkeit und Einstellbarkeit ein gleichmässiges Tragen aller Segmente gewährleistet wird. Die Segmente sind exzentrisch abgestützt und kommen damit in eine gewisse Schrägstellung zum Laufkamm, wodurch die Schmierung gefördert wird.

Die Spannung kann von Hand oder automatisch durch Schnellregler bei allen Belastungs- und Phasenverschiebungen in den Grenzen von $\pm 10\%$ der Normalspannung reguliert werden. Durch Ueberstromregler wird bei gefährlichem Anwachsen des Statorstroms die Erregung und damit der Statorstrom reduziert. Beim Auslösen des Hauptschalters auf der Oberspannungsseite des zugehörigen Transformators wird durch Relais auch der Nebenschlusskreis des Erregers unterbrochen. Zur Ausnützung der vollen Leistungsfähigkeit können Spannung und Stromstärke der Generatoren ohne Rücksicht auf die normalen Werte nach den zulässigen Temperaturen eingestellt werden.

Lufttechnische Anlagen.

In modernen Kraftwerken mit grosser installierter Leistung spielen Heizung und Belüftung eine bedeutende Rolle und verlangen besondere Einrichtungen. Die grossen Wärmemengen, die infolge der Generatoren- und Transformatoren-Verluste frei werden, können zweckmässig wenigstens zum Teil für die Heizung ausgenutzt werden. Mit dieser ist auch die Lüftungsanlage zu verbinden.

Bei horizontalachsigen Maschinengruppen werden der Fussboden und das Untergeschoss mit Vorteil zur Luftführung benutzt. Bei vertikalachsigen Maschinen dagegen ergeben sich bei normaler Aufstellung Schwierigkeiten für

die Zufuhr der Kühlluft und die Abfuhr der Verlustwärme. Alles vereinfacht sich aber sofort, wenn die Maschinen einseitig gegen eine Wand gerückt werden und diese zur Luftführung ausgebildet wird. Die Ausnutzung der genannten Wärmequelle in dieser Art prägte den beiden Maschinensälen der Zentralen Rempen und Siebten ihren eigenartigen Charakter.

Jeder Generator entnimmt die Kühlluft einer ins Freie mündenden Frischluftkammer. Die austretende Warmluft gelangt in einen ausserhalb des Maschinensaals liegenden, sämtliche Generatoren verbindenden Sammelkanal. Dieser besitzt Öffnungen gegen den Frischlufteinlauf, den Maschinensaal und die je zwischen den Generatoren I und II sowie III und IV angebrachten Kamine. Die Frischluftkammern sind verbunden mit dem Turbinenraum (Abb. 45).

Aus dieser Anordnung ergeben sich folgende Betriebsmöglichkeiten: Die Abluft der Generatoren strömt in den Sammelkanal, von diesem in den Maschinensaal, fällt abgekühlt in den Turbinenraum, von wo sie wieder nach der Frischluftkammer gesogen und durch den Generator getrieben wird. Der Maschinensaal erhält also Zirkulationsheizung. Die übrige Warmluft steht zur Verfügung für die Heizung der Nebenräume und der Schaltanlage. Bei sehr niedriger Temperatur der Frischluft kann sie durch einen Teil der aus den Generatoren austretenden Abluft vorgewärmt werden. Wird diese an warmen Tagen nicht zur Heizung benötigt, so öffnen sich die Eingänge zu den Abluftkaminen automatisch (Abb. 46).

In der Zentrale Rempen sind im Sommer vier Pumpengruppen mit 5100 PS-Motoren in Betrieb. Für diese konnte die Wand nicht zur Luftführung zugezogen werden, sie sind frei im Raum aufgestellt und blasen ihre Warmluft in den Maschinensaal. Es sind daher in den Motorenfeldern in der Saaldecke vier Abluftöffnungen angeordnet, die von unten geöffnet werden können. Je zwei Öffnungen sind zusammengefasst und werden durch einen Schraubenventilator durch eine Dachlukarne entlüftet. Es ist aber nicht nur für die Warmluftabfuhr, sondern auch für die Frischluftzufuhr gesorgt, besonders für die Kommandostelle, wo das Personal am meisten belastigt würde durch eine hohe Temperatur.

Brandschutz für die Generatoren.

Nach neuen Grundsätzen, als erste Anlage dieser Art, ist der Brandschutz für die Generatoren ausgeführt. Als Löschmittel bei Spulenbränden wurden bisher verwendet oder wenigstens vorgeschlagen: Kohlensäure, Tetrachlorkohlenstoff, Stickstoff, Wasserdampf oder in Verbindung mit Wasser noch verschiedene andere chemische Stoffe. Es hat sich aber gezeigt, dass gewisse Mittel wohl den Brand löschen, dabei aber das Bedienungspersonal gefährden oder die Baustoffe der Maschinen angreifen. Wegen der Passivität gegen chemische Reaktionen eignet sich Kohlensäure sehr gut, sie muss aber wegen der raschen Zerstörung bei Spulenbränden in hochkomprimierter Form bereitstehen. Beim plötzlichen Ablassen aus der Stahlflasche friert aber die Kohlensäure sofort ein und verstopft die Mündung. Ein Kunstgriff vermeidet diesen Nachteil: die hochkomprimierte Kohlensäure wird nicht in gasförmigem, sondern in flüssigem Zustand abgelassen. Der wärmebindende Prozess der Aggregatsveränderung findet so ausserhalb der Flasche unter gleichzeitiger Kühlung der Brandstelle statt. Bei einem Generatorenbrand werden durch Umlegen eines einzigen Handhebels sämtliche äusseren Verbindungen der betreffenden Kammer geschlossen und das Kohlensäureventil geöffnet. Der Generatorventilator treibt die gefangene Luft, stark mit Kohlensäure gemischt, in Umlauf durch Rotor und Stator. Auf diese Weise wird jeder Brand in wenigen Sekunden sicher erstickt.

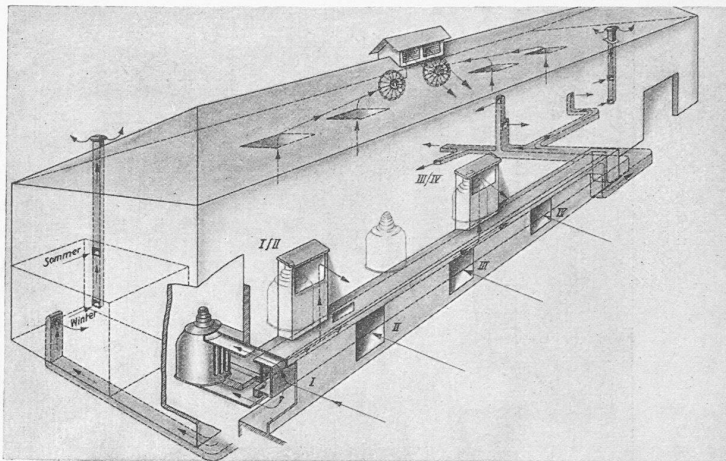


Abb. 45. Gesamtübersicht der lufttechnischen Anlagen im Maschinenhaus.

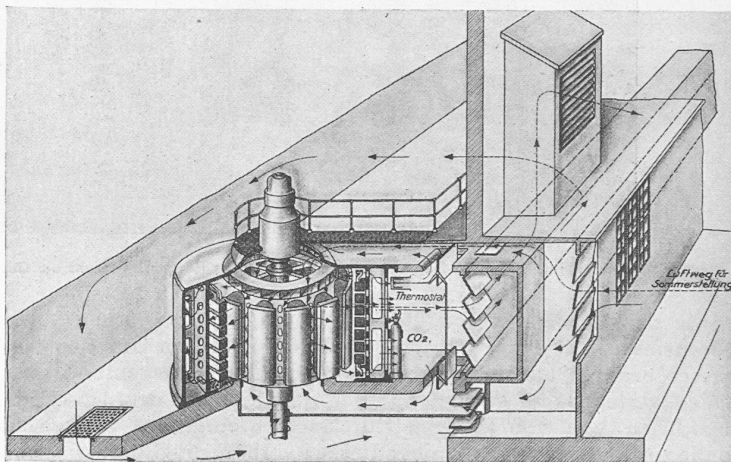


Abb. 46. Detail der lufttechnischen Anlagen beim Generator.

Die Pumpenanlage.

Im Kapitel Wasserhaushalt wurde dargelegt, dass für den grossen Stausee mit einem Pumpenzufluss von 39,8 Mill. m³ aus dem vom Zwischenbecken aus erfassbaren 40,0 km² grossen Einzugsgebiet gerechnet wurde. Die Zweistufigkeit der ganzen Anlage war ja gerade dadurch gegeben, dass auf ungefähr halber Höhe des Gesamtgefälles der wasserreiche Trebsenbach einmündet. Eine Besonderheit des Wäggitalwerks ist es nun, dass das Pumpenwasser nur über die eine Gefällstufe gefördert werden muss und dann in einem beliebig spätern Zeitpunkt in beiden Stufen für die Erzeugung elektrischer Energie benützt werden kann.

Die Förderung des Sommerzuflusses aus dem Trebsenbach nach dem Innertaler Stausee ist eine der Grundlagen des Energiehaushalts, da der Anteil des gepumpten Wassers an der gesamten Energieerzeugung fast ein Viertel beträgt. Die grosse Pumpenanlage dient aber nicht nur der Akkumulation vom Sommer auf den Winter, sondern auch der Veredlung. Es kann jederzeit, sofern nicht gepumpt wird, durch Turbinenbetrieb während der Fabrikarbeitszeit oder der Hauptbeleuchtungszeit zusätzlich Wasser verarbeitet werden, das dann in der Nacht oder am Wochenende (Samstag nachmittag und Sonntag) wieder in den Stausee zurückgepumpt wird (Zirkulationsbetrieb).

Die gleichen Ueberlegungen wie für die Wahl der Anzahl der Turbinengruppen pro Zentrale waren auch massgebend für die Aufteilung der Pumpenanlage in vier Einheiten. Eingehende Untersuchungen des Verlaufs der Wasserführung des Trebsenbaches über das ganze Jahr ergaben die Notwendigkeit einer Förderleistung von rund 6 m³/sec. Ursprünglich wollte man die gute Anpassung an die Zuflussmengen durch Abstufung in drei Pumpen

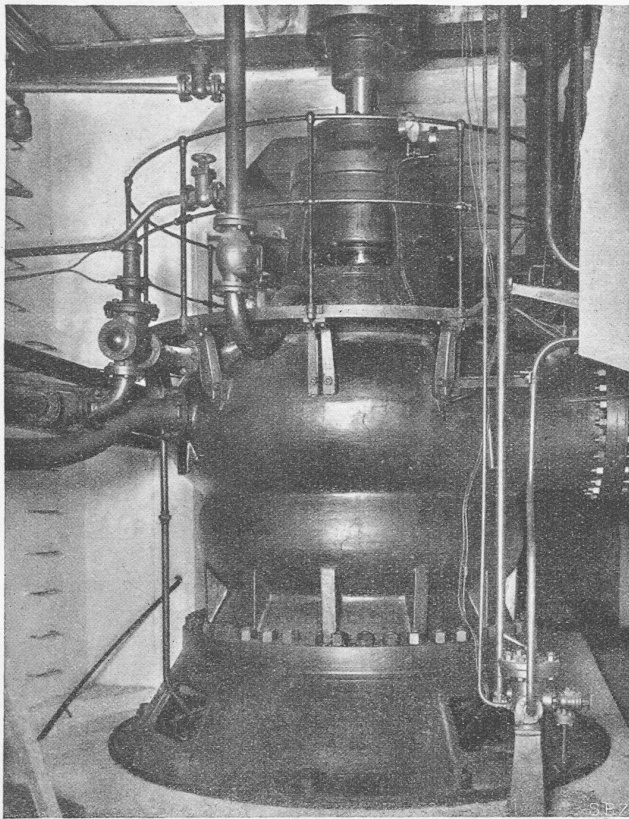


Abb. 47. Dreistufige Zentrifugalpumpe für 1250 l/sec bei 245 m Förderhöhe.

von 3, 2 und 1 m³/sec erreichen. Praktische Erwägungen entschieden aber dann für vier genau gleiche Gruppen von je 1,25 m³/sec Fördermöglichkeit.

Die Pumpen sind Sulzer-Hochdruck-Zentrifugalpumpen, dreistufig, mit vertikaler Welle, berechnet für die Förderung einer Wassermenge von 1250 l/sec bei 245 m mittlerer und 260 m maximaler manometrischer Förderhöhe. Die Leistung beträgt 5100 PS bei normal 750 Uml/min.

In Frage gezogen wurden auch Konstruktionen mit beweglichen Leitschaufeln, die Wahl fiel aber auf die bisher gebräuchliche mit festem Leitapparat. Die vertikalachsige Ausführung war gegeben durch die Anordnung der Turbinen und der Verteilleitung; sie ermöglichte eine saubere Trennung zwischen dem wassertechnischen und dem elektrotechnischen Teil (Abb. 47).

Das zweiteilige Gehäuse aus Spezialgusseisen sitzt auf einem Mauerring. Die Doppelsaugleitung von 650 mm lichter Weite endigt in zwei konischen Rohren von 650/1000 mm; die Druckleitung führt über ein S-förmiges Anschlussrohr, das automatische Rückschlagventil von 700 mm lichter Weite, ein Zwischenrohr von 700 mm lichter Weite, die Venturi-Messdüse, den Kugelschieber von 450 mm lichter Weite und ein konisches Rohr von 450/600 mm lichter Weite zur Verteilleitung. Infolge des Einbaues der kombinierten Rückschlag- und Drosselventile konnten die zweiten Abschlussorgane, die Kugelschieber, mit einfachem Handantrieb versehen werden.

Von der Anordnung und dem Funktionieren der Abschlussorgane ist einerseits die Grösse der Druckschwankungen in der Rohrleitung, andererseits der Verlauf des Auslaufens der Maschinengruppe bei plötzlichem Abschalten des Motors abhängig. Unrichtiges Funktionieren kann zur Zerstörung der Rohrleitung führen, das Versagen aber zum Durchbrennen der Pumpengruppe bei umgekehrter Drehrichtung. Die Sicherheit der Anlage erfordert einen doppelten Abschluss durch zwei hintereinander geschaltete Organe. Auf die Pumpe folgt als erstes ein Schnellschlussorgan, das beim Abstellen des Motors automatisch rasch die Leitungen abschliesst, um das Rückwärtslaufen der Pumpe

zu verhindern, und das zugleich als Drosselorgan zum Regulieren der Pumpwassermenge auf hydraulischem Wege dient. Als zweites Organ folgt ein dichter Abschluss in Form eines Kugelschiebers, der gestattet, das Rückschlagventil zu revidieren, auszubauen und zu reparieren, falls die beim raschen Schliessen und durch das Drosseln zu erwartende Abnützung dies nötig macht.

Das Rückschlagventil ist eine ganz besondere Ausführung. Das Anschlussstück wurde S-förmig ausgebildet, um das Antriebsgestänge zu einem aussenliegenden Druckwasser-Servomotor durchführen zu können. Der birnförmige Verschlusskörper ist sorgfältig geführt, um Schwingungen der Ventilstange zu verunmöglichen. Die Drosselung erfolgt über den ganzen Umfang und zwar infolge ihrer besonderen Form erst in der Verlängerung des Ventilsitzes, sodass die dichtende Sitzfläche vor Korrosionen geschützt ist. Es können Druckhöhen bis zu 60 m abgedrosselt werden; bei voller Oeffnung und normaler Durchflussmenge von 1,25 m³/sec beträgt der Druckverlust nur etwa 0,45 m. Nach besonderen Versuchen würde bei offenbleibender Druckleitung die Pumpe rd. 8 sec nach Abschaltung des Pumpenmotors zum Stillstand kommen und dann mit umgekehrtem Drehsinn als Turbine durchgehen, wobei unter 264 m Gefälle eine Drehzahl von 922 Uml/min erreicht würde. Die Motorpumpengruppen arbeiten normal mit 750 Uml/min, die Rotoren sind für 900 Uml/min bemessen und ausgeschleudert. Der Ventilkörper muss also, von der Rückströmung des Wassers mitgerissen, automatisch abschliessen; der rückseitige Teil des Servomotors ist als Flüssigkeitskatarakt ausgebildet und dämpft den Schlag des Ventilkörpers auf seinen rückwärtigen Sitz. Zur Vermeidung von Druckstössen in der Rohrleitung ist eine Umleitung um das Rückschlagventil angebracht, in der ein hydraulisch gesteuerter Schieber erst nach Zuschlagen der Rückschlagklappe im Verlauf von zirka 15 Sekunden auch seinerseits langsam und gleichmässig abschliesst.

Bei den Versuchen wurden vorerst zwei Pumpen an verschiedene Rohrleitungen, dann an der gleichen und schliesslich alle vier Pumpen erst bei 75 mm, dann bei der maximalen Ventilöffnung von 105 mm gleichzeitig abgeschaltet. Die grösste beobachtete Drucksteigerung betrug 17,5 m oder 7% des normalen statischen Druckes. Die Rückschlagklappen schliessen alle stetig und schlagfrei in der Zeit von 5 bis 6 sec nach erfolgter Abschaltung; die Druckschwankungen nehmen einen stetigen stossfreien Verlauf. Der Stillstand erfolgt innert 1 bis 5 min.

Die Nebenapparate der Pumpen, wie Vakuumanlage, Leerschuss, Drosselventil, Kugelschieber, können vom Maschinensaal aus bedient werden, sodass das Anlassen und das Abstellen direkt bei jeder Gruppe möglich ist. Zum Entlüften sind zwei Wasserstrahlapparate aufgestellt, die je zwei Pumpen bedienen können.

Motoren. Die mit den Pumpen direkt gekuppelten, von der Maschinenfabrik Oerlikon gelieferten Elektromotoren sind berechnet für normal 5100 PS bei $\cos \varphi = 0,7$, und maximal 6500 PS bei $\cos \varphi = 1$ oder 5000 kVA bei $\cos \varphi = 0$ als Phasenkompensatoren, je unter 8400 V verketeter Spannung. Die Wahl fiel auf Drehstrom-Synchron-Induktionsmotoren (750 Uml/min). Bei ausgeschaltetem Erreger arbeiten sie als Asynchronmotoren mit einer Schlupfregulierung bis zu maximal 10% Schlupfung (675 Uml/min). Die normale Dauerleistung im asynchronen Lauf und bei voller Umdrehungszahl bleibt auf 5100 PS, bei kleinstem n (675 Uml/min) erreicht sie 3750 PS. Die konstruktive Ausführung ist halbgeschlossen (Durchzugstyp) mit einem Gleitspurlager für 17 t Belastung und zwei Führungslagern.

Der Anlauf eines Pumpenmotors erfolgt durch stufenweises Steigern der Statorspannung von rd. 3000 V bis zur Normalspannung mit Hilfe eines sieben Stufen aufweisenden Stufentransformators im Statorstromkreis und darauffolgendes Verkleinern des Rotorwiderstandes mittels eines verstellbaren Wasser-Metallwiderstandes im Rotorstromkreis. Für die vier Pumpenmotoren sind nur zwei Anlasstransformatoren vorhanden, die sich gegenseitig ersetzen können.

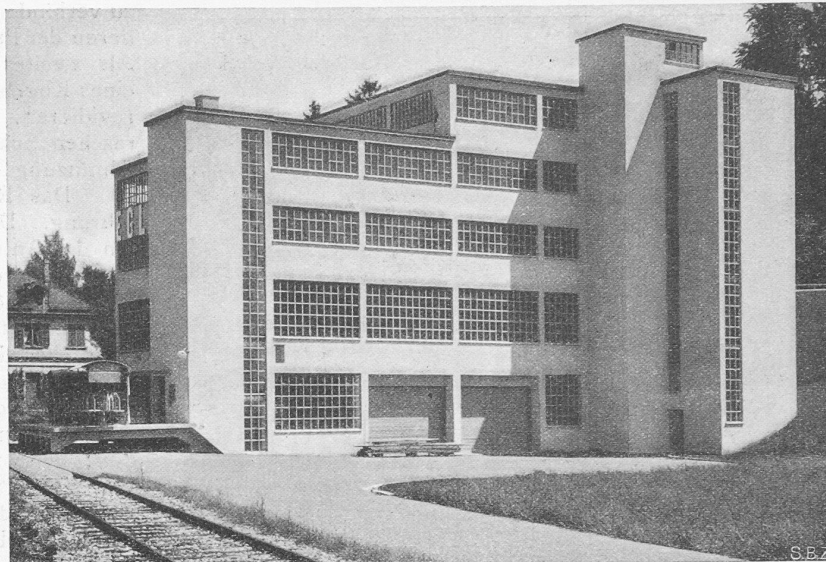
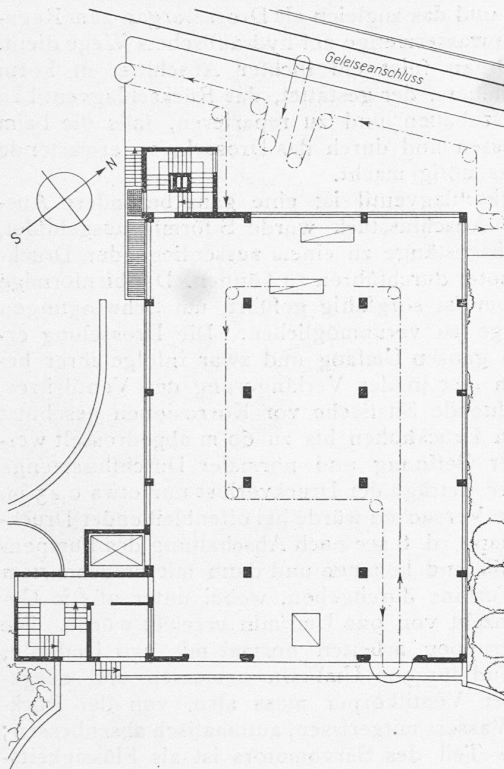


Abb. 2. Ansicht aus Westen des Lagerhauses „Eglisana“ der Brauerei Hürlimann A.-G., Zürich.

Abbildung 1.
Grundriss vom
III. Stock.
Masstab 1 : 400.

Die Motoren sind durch starre, aber leicht lösbare Schraubenbolzenkupplungen mit den Pumpen verbunden. Auf die Anwendung von ausrückbaren Reibungs- oder elektromagnetischen Kupplungen musste beim damaligen Stand der Konstruktionen verzichtet werden.

Bei Bedarf an wattlosem Strom kann jeder Motor in einfacher Weise von der Pumpe losgekuppelt und mit den Generatoren der Zentralen Rempen und Siebren als leerlaufender Synchronmotor zur Phasenkompensation betrieben werden. Dabei kann die Erregung von Hand oder automatisch durch Schnellregler ausschliesslich im Nebenschluss des Erregers reguliert werden.

Die zu fördernde Wassermenge kann also durch Drosselung des Abflusses in der Druckleitung oder durch Aenderung der Drehzahl des Motors eingestellt werden. Damit wird es möglich, sich allen gegebenen Verhältnissen gut anzupassen: dem Wasserzufluss zum Zwischenbecken, dessen Füllung, sowie den Energieüberschüssen und den Netzbelastungen beider Teilhaber.

Durch die Verwendung zur Lieferung von Blindenergie kann das in den Motoren angelegte Kapital auch in der Zeit nutzbar gemacht werden, da die Pumpenanlage zur Wasserförderung nicht gebraucht werden kann.

Transformatoren.

Da in der Zentrale Rempen naturgemäss entweder die Turbinengruppen (Winter) oder die Pumpengruppen (Sommer) im Betrieb sind, wurden je ein Generator und ein Motor zusammen mit einem Transformator zur Betriebseinheit zusammengeschaltet. So ergaben sich vier kombinierte Gruppen. Die vier Haupttransformatoren für die Zentrale Rempen sind bemessen für eine dauernde Belastung von 16500 kVA, bzw. von 18200 kVA bei um 10% erhöhter Normalspannung. Das Uebersetzungsverhältnis im Leerlauf beträgt 8800-9220-9580/50000 V. Bei einem Uebersetzungsverhältnis von 9,7/55 kV beträgt die Ueberlastbarkeit 20600 kVA während 3 Stunden und 22300 kVA während 1 Stunde. Diese Ueberlastbarkeiten sind notwendig, weil bei maximaler Ausnützung der Zentrale Rempen zu jedem Generator ein Pumpenmotor als Phasenschieber parallelgeschaltet wird, wodurch die abgegebene Leistung einer Generator-Motor-Transformatorgruppe auf 21500 kVA bei $\cos \varphi = 0,77$ gesteigert werden kann. Geliefert wurden die Transformatoren von Brown Boveri & Cie. Baden.

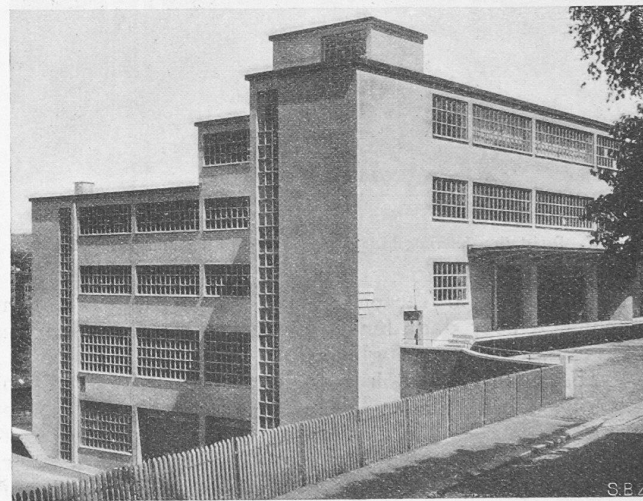


Abb. 3. Ansicht von Süden, Strassenseite.

Zur Messung der Temperatur in der Niederspannungswicklung und im Oel dient eine elektrische Temperaturmessvorrichtung mit Widerstandselementen, deren Schutztransformator oben am Transformator eingebaut ist. Sie gestattet die jederzeitige Kontrolle der Temperatur in den Transformatoren von der Kommandostelle der Zentrale aus. Ausserdem bestehen besondere Signalvorrichtungen, die Unterbrechungen in der Kühlwasserzufuhr und im Oelumlaufl, sowie unzulässige Steigerungen der Oeltemperatur durch Glockensignale anzeigen.

Schaltanlagen.

Auf die Schaltanlage, deren Unterbringung neben dem Maschinensaal aus dem Querschnitt Abb. 40 ersichtlich ist, soll hier nicht näher eingetreten werden, da die Zentrale Rempen, wie bereits hervorgehoben, nur ein Hilfswerk ist, und die Hauptschaltanlage des gesamten Wäggitalwerkes im Schalthaus Siebren untergebracht ist. (Forts. folgt.)

Lagerhaus „Eglisana“ in Zürich 2.

Arch. DEBRUNNER & BLANKART, Ing. E. RATHGEB, Zürich.

Schräg gegenüber dem in letzter Nummer gezeigten Geschäftshaus am Stauffacherquai in Zürich, auf der rechten Seite der korrigierten Sihl, zwischen Brandschenkestrasse und Sihltalbahnhof steht das hier dargestellte Lagerhaus. Wie sein Gegenüber macht sein Aeusseres ebenfalls eher den Eindruck eines Eisenskelettbaues, obwohl es sich hier um eine reine, einschliesslich der Aussenwände monolithisch