

# Das Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt

Autor(en): **Motor Columbus AG (Baden)**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **99/100 (1932)**

Heft 23

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-45504>

## **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.

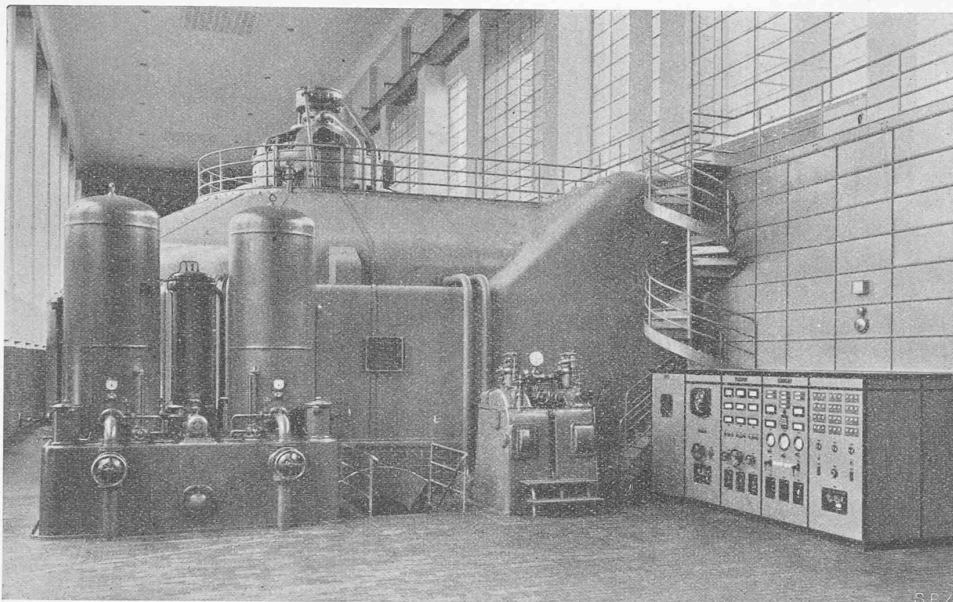


Abb. 28. Windkessel-Gruppe und Steuerregler einer Turbine. Rechts der Steuerregler mit Bedienungstand, ganz rechts die Schalttafel der Maschinengruppe.

## Das Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt.

Mitgeteilt von der MOTOR-COLUMBUS

A.-G. für elektrische Untersuchungen in Baden (Schweiz).

(Fortsetzung des Abschnitts „VI. TURBINEN“ von Seite 270.)

### Regelung der Turbinen.

Die Regelung der Turbinen musste dem besonderen Umstand Rechnung tragen, dass die sonst bei normalen Turbinen als letzte Abstellmöglichkeit stets vorhandenen Einlaufschützen hier weggelassen wurden. Die normale Ausführungsart der Regelung von grossen Kaplan-turbinen, bei der der Leitapparat und das Laufrad durch einen Steuerregler und zwei getrennte Servomotoren geregelt werden, wurde hier insoweit den Bedingungen einer erhöhten Sicherheit angepasst, als Leitapparat und Laufrad zwei unabhängig voneinander arbeitsfähige Regelungskreise mit je einer eigenen Druckölanlage erhielten (Abb. 27).

Die Druckölpumpe für die Leitradregelung wird über Stirnräder von der Turbinenwelle angetrieben, jene für die Laufradregelung von einem Elektromotor. Jede der beiden Pumpen ist für eine Fördermenge von 750 l/min bemessen und fördert in je einen Windkessel von 5 m<sup>3</sup> Inhalt. Die beiden Windkessel können miteinander verbunden werden, was nicht nur im Falle des Versagens der einen Drucköl-Anlage die Regelung innerhalb gewisser Grenzen aufrecht zu erhalten gestattet, sondern auch ermöglicht, dass beide Regelungskreise bei stillstehender Turbine mit Hilfe der mit Motor angetriebenen Pumpe der Laufradregelung unter

### LEGENDE:

- a gemeins. Ölbehälter
- b Windkessel für Laufrad
- c " " Leitrad
- d Laufradpumpe
- e Motor für d
- f Leitradpumpe
- g Notpumpe
- h mit der Turbinenwelle gekoppeltes Zahnrad
- i Steuerregler
- k Steuerventile
- l Umschaltventil
- m Laufradservomotor
- n Leitradservomotor
- o Verriegelung
- p Handsteuerung
- q Hubmagnet
- r Sicherheitspendel

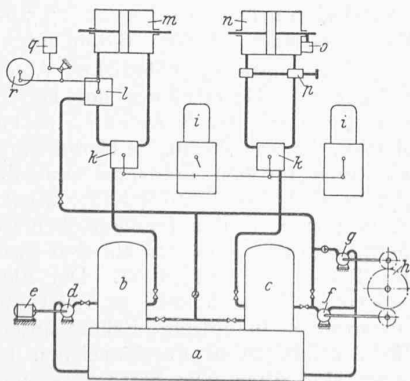


Abb. 27. Vereinfachtes Schema der Regulierung einer Turbine. (Rücklaufleitungen, Rückführungsgestänge usw. sind nicht dargestellt.)

Druck gesetzt werden können. Hiermit kann auch die Leitradregelung vor dem Anlassen der Turbine durch Drucköl betätigt werden.

Beim Ausfall der Leitradregelung oder des Steuerreglers greift ein zweiter Steuerregler ein, der auf das Laufrad einwirkt und die Belastung der Turbine regeln kann, soweit dies die Oeffnung der Leitschaufeln zulässt. Versagt auch dieser Regler, so kommt ein Sicherheitspendel zur Wirkung, das eine dritte, unmittelbar von der Turbinenwelle aus angetriebene und für gewöhnlich leer mitlaufende Pumpe, die „Notpumpe“, derart steuert, dass sie das Laufrad schliesst. Das Sicherheitspendel greift jedoch erst bei einer Ueberschreitung der Drehzahl um etwa 40 % ein.

Der Druck der Notpumpe ist mit 35 at so bemessen, dass selbst bei der Durchbrenndrehzahl von 175 Uml/min, bei der wegen der Fliehkräfte für die Bewegung der Laufradflügel eine sehr grosse Reibungsarbeit aufzubringen ist, das Laufrad noch geschlossen werden kann. Abweichend von den normalen Kaplan-turbinen ist die Schlussstellung der Laufradschaufeln nicht bei waagrecht Lage, sondern bei einem Winkel von  $-5^\circ$ . Dadurch wird erreicht, dass, sobald die Laufradschaufeln geschlossen werden, die Turbine mit wesentlich verminderter Drehzahl läuft und unter Umständen stillgesetzt werden kann.

Als Ersatz für die Handregelung ist eine hydraulische Handsteuerung mit Rückführung und ein Riegel für den Leitapparat eingebaut. Ist der Riegel bei geschlossenen Leitschaufeln eingerückt, so kann der Oeldruck von den Leitrad-servomotoren weggenommen werden.

Das zur Erläuterung der wesentlichsten Regelungsvorgänge dienende vereinfachte Schema (Abb. 27) enthält die wichtigsten Teile der Regelung und zeigt, wie die Druckölwege zwischen diesen verlaufen.

Die mit einem Oeldruck von 15 bis 20 at arbeitenden Leitrad-Servomotoren von zusammen rd. 300 l nutzbarem Inhalt können eine Regelungsarbeit von 45000 kgm abgeben, der Laufrad-Servomotor von rd. 700 l Nutzinhalt eine solche von 105000 kgm bei dem gleichen Oeldruck. Dieser Wert wurde deshalb so hoch gewählt, damit bei der erhöhten Reibungsarbeit beim Durchgehen der Turbine der Laufrad-Servomotor das Laufrad sicher schliessen kann.

Die Steuerorgane für die beiden Servomotoren sind in und auf einem als Sammelgefäss dienenden Behälter aufgebaut. Die Steuerventile selbst und die Servomotoren der „Steuerregler“ sind im Innern des Gehäuses untergebracht, während die beiden Steuerwerke mit dem Handrädchen für Drehzahlverstellung, Lastverstellung und Hubbegrenzung, sowie das Umschaltventil für die Handsteuerung des Leitrades und das Handsteuerventil selbst mit ihren Handrädern auf dem Gehäuse zu einer Art Bedienungsstand vereinigt sind. Zwischen den beiden Steuerwerken ist das Tachometer so angeordnet, dass der Maschinist es bei allen Handgriffen am Regler stets unmittelbar vor Augen hat. Abb. 28 zeigt das Gesamtbild des Steuerreglers und der Windkesselgruppe.

Die unmittelbar nach der Inbetriebsetzung mit den fertiggestellten Maschinensätzen vorgenommenen Abschaltversuche haben ergeben, dass sämtliche Teile der Regelung einwandfrei arbeiten und dass die bei plötzlichen Abschaltungen kleinerer und grösserer Leistungen bis zur

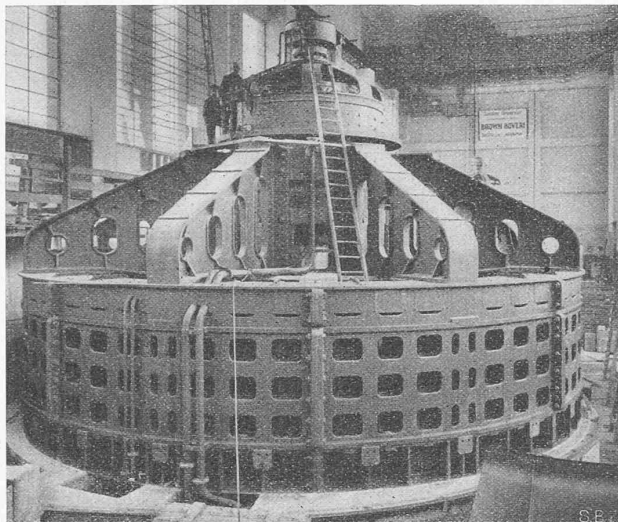


Abb. 31. Zusammenbau eines Generators im Kraftwerk.

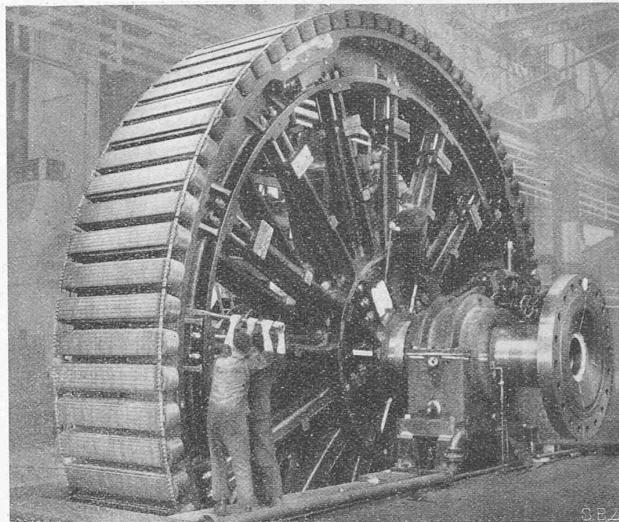


Abb. 32. Polrad eines Generators in der Werkstatt.

Vollast auftretenden Drehzahlsteigerungen wesentlich unter den garantierten bleiben. Es wurden Abschaltproben vorgenommen mit der vereinigten Regelung von Leit- und Lauf- rad, ausserdem mit der Leit- radregelung allein bei offenem Lauf- rad und festgelegter Steuer- vorrichtung für dieses letzte, wobei also das Lauf- rad nach der Entlastung offen blieb; ferner mit selbsttätiger Steuer- ung des Lauf- rades allein, wobei die Oeffnung des Leit- rades mit Hilfe der Handsteuerung festgestellt war und bei der Abschaltung unverändert blieb.

*Hydraulische Vorversuche, Wirkungsgradgarantien und Abnahmeproben.*

Da die vorbeschriebenen Turbinen bezüglich der spezifischen Drehzahl, des Gefälles, der Schluckfähigkeit, der statischen Saughöhe und der verfügbaren Tiefenentwicklung des Saugrohres stark von sämtlichen bisher ausgeführten Kaplanturbinen abweichen, und da besonderer Wert auf wirtschaftliche Abmessungen von Zulaufspirale und Saugrohr gelegt wurde, mussten der endgültigen Mass- und Formbestimmung dieser Bauteile ausgedehnte Modellversuche vorausgehen. Diese erstreckten sich auf die Ermittlung der wirtschaftlichsten Form der Betonsaugrohre, der günstigsten Form der Zulaufspirale und der günstigsten Schaufelform unter Berücksichtigung der statischen Saughöhe, sowie auf das Verhalten der Lauf- radform in Bezug auf Kavitationserscheinungen. Bei den Kavitationsversuchen wurde auch die Begrenzung der Höchstleistung in Bezug auf Kavitationsicherheit festgelegt. Zu einem Teil dieser Versuche wurde ein Modell- Masstab 1 : 9,7 gewählt.

Auf Grund dieser Versuche wurde noch kurz vor dem Beginn der Betonierungsarbeiten am Unterbau des Maschinen- hauses die Saugrohrsohle um 1,0 m tiefer gelegt und das Saug- rohr um 5 m verlängert, nachdem festgestellt worden war, dass die Mehrkosten durch die erzielbare Wirkungsgradverbes- erung und Erhöhung der Betriebsicherheit reichlich auf- gewogen werden.

Die vor der Inbetriebnahme der Turbine 1 bei einem Gefälle von 10,7 m vorgenommenen Wirkungsgradproben (Abb. 29) ergaben eine erfreuliche Ueberschreitung der garantierten Wirkungsgrade, indem unter Zugrundelegung der garantierten Generator- Wirkungsgrade ein Scheitel- wert von 92,7 % bei einer Leistung von 24 000 PS erreicht wurde. Berücksichtigt man die erst später gemessenen

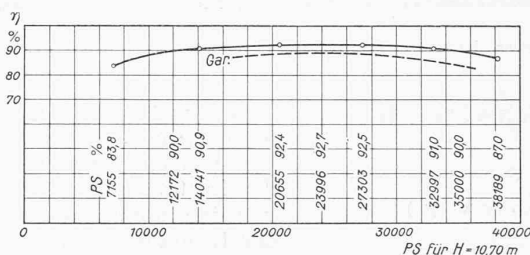


Abb. 29. Wirkungsgrad der Turbine 1, in Funktion der Leistung.

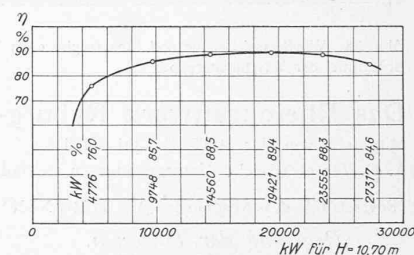


Abb. 30. Gesamtwirkungsgrad der Maschinen- gruppe 1, in Funktion der Leistung.

Generator- Wirkungsgrade, die ebenfalls über den garantierten liegen, so ergibt sich für den Wirkungsgrad der Turbine 1 eine geringfügige Aenderung der in Abb. 29 gezeigten Kurve. Der Gesamtwirkungsgrad des ganzen Maschinensatzes 1 ist in Abb. 30 wiedergegeben.

VII. DIE GENERATOREN.

*Allgemeines und Stator.*

Die mit den Turbinen unmittelbar gekuppelten Drei- phasen- Wechselstrom- Generatoren (siehe Abb. 18, Seite 267) sind für eine Leistung von 32 500 kVA, dauernd überlastbar auf 35 000 kVA, bei  $\cos \varphi = 0,7$ , 50 Perioden, 75 Uml/min, und für eine Nennspannung von 10 500 V gebaut. Je zwei Generatoren wurden von den Firmen Brown, Boveri & Cie. in Baden (Schweiz) und Brown, Boveri & Cie. A.-G. in Mannheim- Käfertal ausgeführt. Die Generatoren haben eine Bohrung von 9,40 m, damit der Turbinenrotor samt dem Turbinendeckel durch den Stator hindurchgehoben werden kann. Sie weisen ohne den äusseren Blechmantel einen Aussendurchmesser von 11 m und mit dem Blech- mantel eine grösste Breite von 13,5 m und eine Höhe über Maschinensaalboden von 8,8 m auf.

Diese aussergewöhnlichen Abmessungen haben eine weitgehende Unterteilung der Maschinen notwendig gemacht, um mit den einzelnen Stücken in Abmessungen zu bleiben, die sowohl für die Herstellung und die Bearbeitung wie auch für den Transport und die Montage noch an- gängig sind. Das Statorgehäuse wurde achteilig ausgeführt (Abb. 31); es ruht auf einem ebenfalls achteiligen Funda- mentring, der seinerseits auf den gusseisernen Schachtring der Turbine abgestützt ist. Der Blechkörper besteht aus legiertem Dynamoblech und ist durch aufgeschweisste Distanzstege in einzelne Pakete unterteilt, zwischen denen die Ventilationsluft durchstreichen kann. Die Wicklungs- nuten sind offen. Die Statorwicklung ist als Stabwicklung mit zwei unterteilten und verschränkten Stäben pro Nut ausgebildet, die im Nutenteil mit Mikanit umpresst und

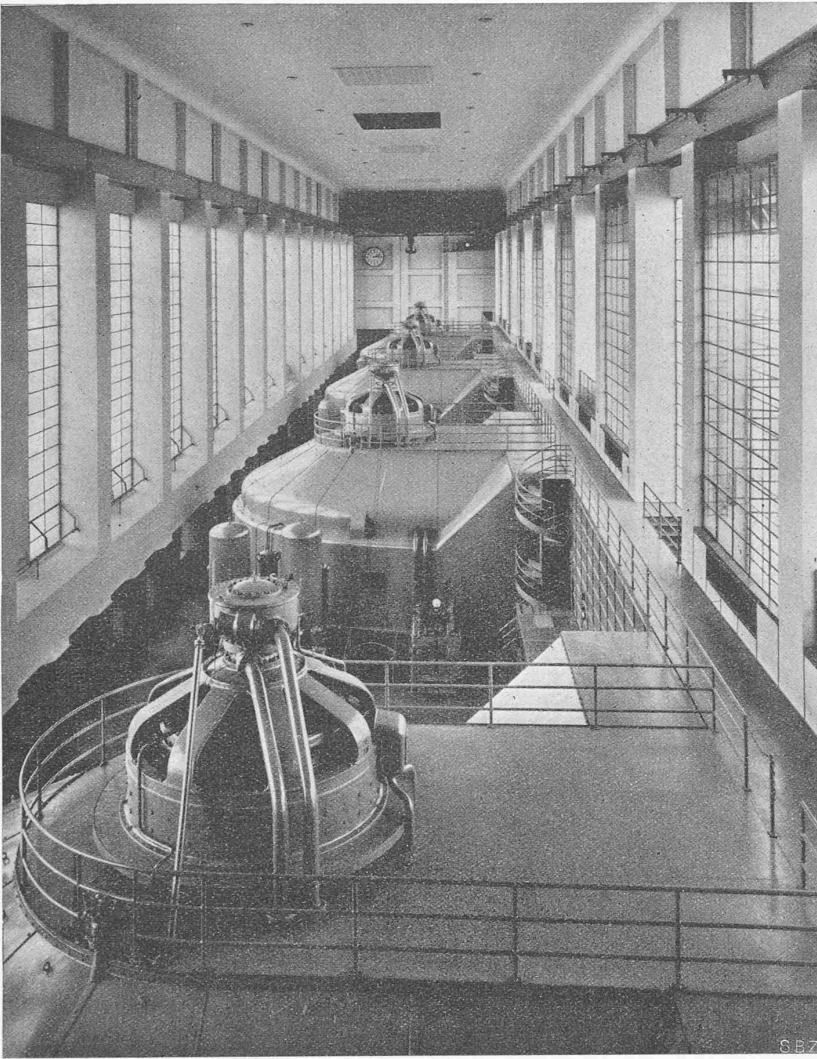


Abb. 33. Blick in den Maschinensaal des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt.

imprägniert ist, während der ausserhalb des Eisens liegende Teil der Stäbe durch mehrfache Umbändelung durch Lackband isoliert ist. Gegen die Wirkungen von Kurzschlüssen sind die Wicklungsköpfe gegeneinander abgestützt und an Stahlringen befestigt, die mit dem Gehäuse verbunden sind. Die ganze Wicklung ist pro Phase in zwei parallele Stromkreise geschaltet. Zur Kontrolle der Temperatur sind in der Statorwicklung sechs Widerstandselemente eingebaut.

#### Lagerung.

Der obere Lagerstern hat das Gewicht des Turbinen- und Generatorrotors und den hydraulischen Druck sowie das Gewicht des Traglagers und der Erregermaschine von zusammen 900 t aufzunehmen. Er besteht aus einem Stahlgussmittelstück, an dem die acht Arme aus Stahlguss angeschraubt sind. Im Mittelstück ist das zur Turbinenlieferung gehörige Spurlager versenkt eingebaut und mit dem obern Führungslager kombiniert. Beide Lager sind zur Verhinderung von Lagerströmen vom Tragstern isoliert. Der untere Lagerstern mit dem eingebauten untern Führungslager besteht ebenfalls aus einem einteiligen Mittelstück mit acht angeschraubten Armen; er ist zur Aufnahme einer Belastung von 450 t bemessen, damit bei einer Demontage des Spurlagers die Turbinen- und Generator-Rotoren auf ihn abgestellt werden können. Die mit Weissmetallbelag versehenen Lagerschalen des obern und des untern Führungslagers können nach unten ausgebaut werden, ohne dass andere grössere Maschinenteile entfernt werden müssen. Die Schmierung der beiden Führungslager erfolgt

durch eine gemeinschaftliche Oelumlaufröhre mit Filter und den erforderlichen Oelbehältern und Kontrollinstrumenten. Dazu ist für jeden Generator noch eine durch Elektromotor angetriebene Reserve-Oelpumpe vorhanden. In jedem Lager ist ein Fernthermometer eingebaut.

#### Polrad.

Das Polrad des Generators (Abb. 32) besteht aus zwei übereinander liegenden Rädern, deren jedes aus einem vierteiligen Radkranz und einem vierteiligen Armstern aus Stahlguss zusammengesetzt ist. Die Verbindung der Kranzteile erfolgt durch Laschen und Schrauben, und die Verbindung des Radkranzes mit dem Armstern durch Schrauben. Die Pole sind aus gestanzten Stahlblechen zwischen Endplatten aus Stahlguss zusammengepresst und mit Schrauben am Radkranz befestigt. Die Polwicklungen bestehen aus hochkant gewickeltem Flachkupferband mit Pressspan-Zwischenlagen. Zur Sicherung des stabilen Betriebes ist in den Polschuhen eine Dämpferwicklung aus runden Kupferstäben untergebracht. Die Welle ist aus geschmiedetem S. M.-Stahl und hat am untern Ende einen direkt angeschmiedeten Kupplungsflansch von 2 m Durchmesser; sie wiegt allein rd. 30 t und ist auf ihrer ganzen Länge auf 360 mm Durchmesser durchbohrt zur Aufnahme der Oelleitungen für die Steuerung der Laufradschaufeln der Kaplan turbine. Der fertig zusammengebauete Rotor mit einem Totalgewicht von rd. 260 t wurde in den Werkstätten einer Schleuderprobe mit 185 Uml/min unterzogen; dabei betrug die Umfangsgeschwindigkeit 91 m/sec. Das Polrad besitzt ein Schwungmoment von 12 500 tm<sup>2</sup>.

#### Bremsen.

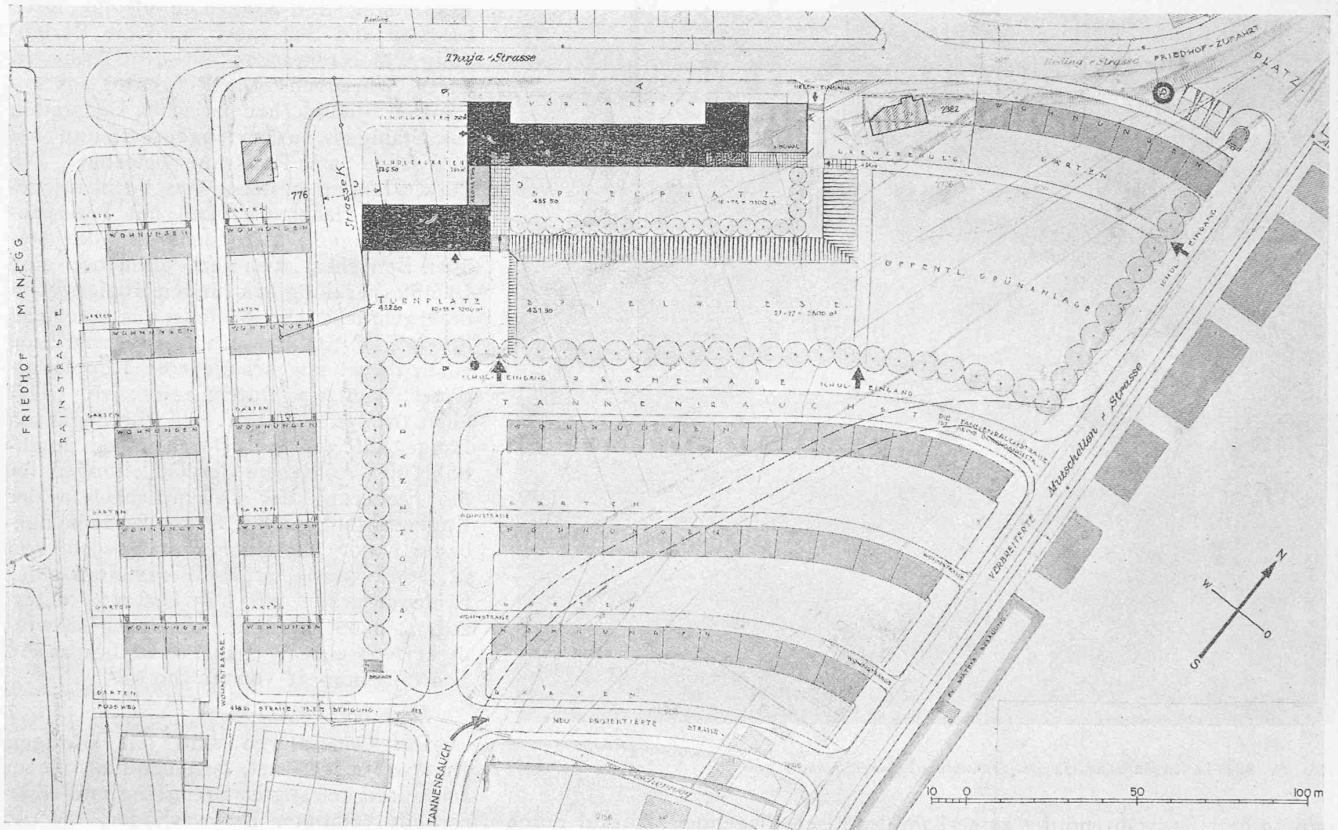
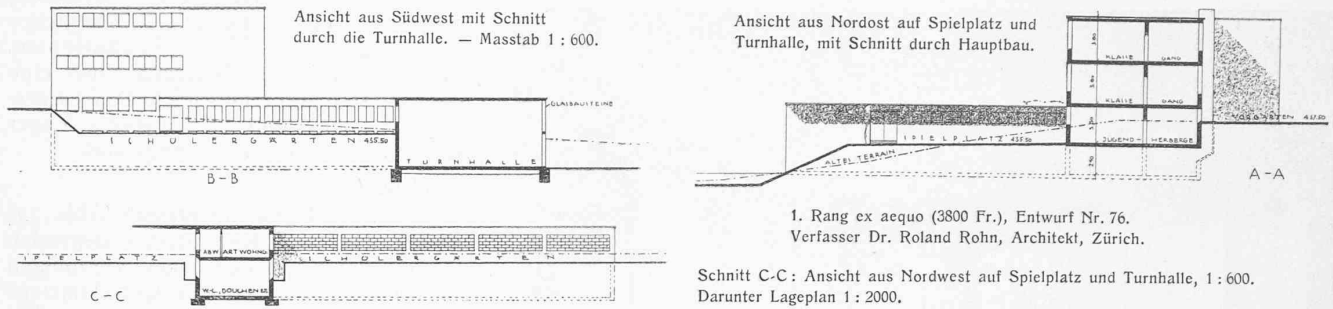
Die Generatoren sind mit kräftigen Bremsen ausgerüstet, bestehend aus einem am Polrad befestigten Bremsring und einer Anzahl durch Druckluft betätigter Bremszylinder, die auf dem untern Lagerstern aufgebaut sind. Das Abbremsen aus der vollen Betriebsdrehzahl zum Stillstand kann in 1 bis 2 min bewerkstelligt werden. Die Bremsen sind ausserdem im Notfall imstande, die Maschinengruppe stillzusetzen, wenn der Leitapparat der Turbinen nicht schliessen sollte und nur das Turbinenlaufrad in Schlusstellung gebracht werden kann. Auf dem untern Lagerstern sind ferner hydraulische Hebeböcke angeordnet zum Anheben und Abstellen der rotierenden Teile bei einer Spurlager-Demontage.

#### Lüftung.

Die Generatoren sind, wie bereits erwähnt, vollständig mit einem der Luftführung dienenden Blechmantel umgeben und haben Eigenlüftung, wobei Frischluft und Warmluft auf der Oberwasserseite zu- und abgeführt werden (Abb. 33). Die Frischluft tritt von oben in den Generator ein, durch die am Umfange des Gehäuses angebrachten Oeffnungen in den durch den Blechmantel gebildeten Warmluft-sammelkanal wieder aus, und gelangt auf dem schon beschriebenen Wege ins Feie. Die Eigenlüftung des Generators wird durch die beidseitig am Polrad angebrachten Ventilationsflügel bewirkt. Zu erwähnen ist noch, dass alle Vorkehrungen für den allfälligen spätern Einbau einer Kreislauffrückkühlung getroffen worden sind.

#### Erreger, Gewicht und Wirkungsgrad.

Jeder Generator ist mit einer eigenen, direkt auf dem Spurlager aufgebauten Erregermaschine von 370 kW ausgerüstet, die als Nebenschlussmaschine mit Wendepolen



gebaut ist. Um den verlangten Reguliergarantien genügen zu können, ist noch ein Hilfsrerger für die Erregung des Haupterregers vorhanden; dieser Hilfsrerger ist in den Haupterregger eingebaut, damit an Bauhöhe gespart werden konnte.

Das Gewicht eines kompletten Generators mit Zubehör beträgt rd. 565 t, wovon rd. 35 t auf Kupfer entfallen. Die Wirkungsgrade bei Vollast von 32500 kVA wurden gemessen zu 97,9 % bei  $\cos \varphi = 1$ , zu 92,7 % bei  $\cos \varphi = 0,8$  und zu 96,7 % bei  $\cos \varphi = 0,7$ , und überschreiten damit die garantierten um 0,8 bis 1,3 %.

#### Zubehör.

Die Spannungsregelung erfolgt mit einem BBC-Schnellregler. An Schutzapparaten sind Differentialrelais, Windingsschluss-Schutzrelais, Maximalstromrelais und Maximalspannungsrelais vorhanden. Die Signalisierung besorgen Fallklappen, die in drei Gruppen unterteilt sind, nämlich für betriebsmässige Auslösung, Gefahrmeldung und Notauslösung.

Die Temperaturmessereinrichtung, die Ölströmungsmesser und dergleichen sind ebenfalls an Fallklappen angeschlossen. Ferner ist eine Erdschlussanzeigevorrichtung für die Polradwicklung vorhanden; für den Stator wurde eine solche Einrichtung in die Schaltanlage eingebaut. In Abb. 28 ist die neben dem Generator angeordnete Schalttafel ersichtlich.

(Forts. folgt.)

## Wettbewerb für eine Schulhausanlage an der proj. Tannenrauchstrasse in Zürich 2.

Der vorliegende Wettbewerb bietet besonderes Interesse dadurch, dass die Erfüllung des Raumprogramms mit zwölf Schulzimmern von 10,00 m  $\times$  6,50 m (Zürcher Normalzimmer für 48 Schüler) insofern frei gestellt war, als eine aufgelöste Bauweise, das sog. *ingeschossige Pavillon-System* grundsätzlich zugelassen war. Demgemäss haben zahlreiche Bewerber diese Bauform wegen ihrer immer mehr anerkannten schulhygienischen wie pädagogischen Vorzüge gewählt. Im Sinne dieser grundsätzlichen Abklärung der Frage, ob mehrgeschossiger Baublock oder aufgelöste, niedrige Baukörper sich am konkreten Beispiel als zweckmässiger erweisen, hat das Preisgericht je einen Vertreter dieser beiden gegensätzlichen Auffassungen in den gleichen 1. Rang gestellt, die Entscheidung dagegen, welche Form *anzuführen* sei, den Schulbehörden überlassen. — Die projektierte schräge Einführung der Tannenrauchstrasse (nach dem in den Lageplänen gestrichelten Verlauf) in die Mutschellenstrasse durfte nach Programm „etwas verschoben werden“. — Leider ist weder im Programm noch anlässlich der Fragenbeantwortung gesagt worden, dass in diesem gestrichelten Tracé die grosse Hauptkanalisation bereits ausgeführt ist, sodass die meisten Bewerber dieses „etwas“ allzu freiheitlich aufgefasst haben, was indessen, wie man sieht, ihre Prämierung nicht verhindert hat.