Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83/84 (1924)
Heft: 15

Artikel: Die Propeller-Turbinen des neuen Elektrizitätswerkes Wynau
Autor: Hofmann, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-82880

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: 12.07.2025

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

INHALT: Die Propeller-Turbinen des neuen Elektrizitätswerkes Wynau. — „Heimatschutz" und Luzerner See-Quai. — Bodensee-Regulierung, Hochwasserschutz, Kraftnutzung und Schiffahrt. — Das Grifinrad in technologischer Beziehung. — Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft. — Miscellanea: Elektrischer Probebetrieb der Ungarischen Staatsbahnen. Ueber Erfahrungen mit Schmelzzement. Schwedische Ostküsten-Bahn. Drehstromkabel für 66000 Volt. Kommission für italienisch-schweizerische Wasserwirtschaftsfragen. Elektrizitätswirtschafts-Fragen und Völkerbund. Der Verkehr auf den französischen Wasserstrassen. Eidgenössische Technische Hochschule. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Maschineningenieur-Gruppe Zürich der G. E. P. S. T. S.

Band 84. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 15

Die Propeller-Turbinen des neuen Elektrizitätswerkes Wynau.

Von Obering. R. Hofmann, Vevey.

Da ihre auf dem rechten Ufer der Aare gelegene Anlage dem stark gesteigerten Energieverbrauch nicht mehr genügte, entschloss sich die A.-G. Elektrizitätswerke Wynau in Langenthal zum Bau eines neuen Kraftwerks von 10000 PS Leistung auf dem linken Ufer. Das vorhandene alte Wehr konnte dabei ohne weiteres auch für die neue Turbinen-Anlage benutzt werden.

Bei den 860 PS Turbinen der alten Zentrale wurde deren Leistung mittels schwerer Zahnräder auf die Generatoren übertragen. Um die vielen Nachteile zu vermeiden, die solche Zahnräder-Getriebe mit sich bringen, und um die grossen Fortschritte, die in den letzten Jahren auf dem Gebiete der schnellaufenden Turbinen gemacht worden sind, zu Nutze zu ziehen, hat das genannte Werk auf die Anregung ihres Direktors Herrn F. Marti hin beschlossen, die neue Anlage mit Propeller-Turbinen auszurüsten.

Das Prinzip dieses Turbinensystems ist übrigens alt, wie folgende historische Angaben zeigen. Schon die alten Jonval-Turbinen waren mit Laufrädern ausgerüstet, die mit propellerförmigen Schaufelkränzen ohne Aussenring versehen waren. Diese Schaufeln waren jedoch stark gebogen, und zwar mit Rücksicht auf die dazumal übliche kleine Umfangsgeschwindigkeit. Ferner wurde das Wasser dem Rade durch axialen, für die Regulierung nicht gut geeigneten Leitapparat zugeführt. Als Pionier im Bau der eigentlichen Propeller-Turbine dürfte wohl der Amerikaner Truax in Betracht kommen, der schon im Jahre 1862 ein Patent auf eine Turbine mit vierflügeligem Propellerrad ohne Aussenring erhielt, wobei das Wasser dem Rade, wie bei den neuzeitlichen Turbinen, durch eine Spirale zugeführt wurde. Die Regulierung geschah hier jedoch nur durch die Einlaufschütze. Horton und William's erhielten im Jahre 1877, bezw. 1893 Patente auf vierflügelige Laufräder, die den Schiffspropellern sehr ähnlich waren. Die Schaufeln waren in der Umfangsrichtung gemessen kürzer als der Abstand zwischen den einzelnen Schaufeln. Später wurde dann die Propeller-Turbine von der Francis-Turbine verdrängt.

Dem Bedürfnisse entsprechend, die Drehzahl der Turbine nach Möglichkeit zu steigern, um eine direkte Kupplung mit der Dynamomaschine zu ermöglichen, wurde die Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades, die vor zehn Jahren noch etwa $1{,}0\sqrt{2gH}$ betrug, aufs Doppelte, ja Dreifache gesteigert. Um die Reibung zwischen Schaufeln und Wasser zu vermindern, hat man die Zahl der Schaufeln, sowie deren Länge vermindert. Eine weitere Reduktion der Reibung und ein wirbelfreier Wasserdurchfluss wurde insbesondere dadurch erreicht, dass die Eintrittkante der Schaufeln auf der Nabenseite nach innen gelegt wurde. Dadurch kam man wieder langsam auf die propellerförmigen Laufräder, ähnlich wie sie, wie oben erwähnt von Truax, Horton und Williams vorgeschlagen worden waren, zurück.

Ein grosses Verdienst für die Entwicklung der Propeller-Turbine haben sich Ing. Nagler in Milwaukee und Prof. Dr. Kaplan in Brünn erworben. Durch die vorzüglichen, von Dr. Kaplan erreichten und publizierten Versuchsergebnisse angespornt, haben die meisten Turbinenbauer die Konstruktion der Propeller-Turbinen wieder aufgenommen. Die „Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey" machten eingehende Versuche an einer solchen Turbine mit verschiedenen Laufrädern von 380 mm Durchmesser. Da eines dieser Räder hervorragende Resultate

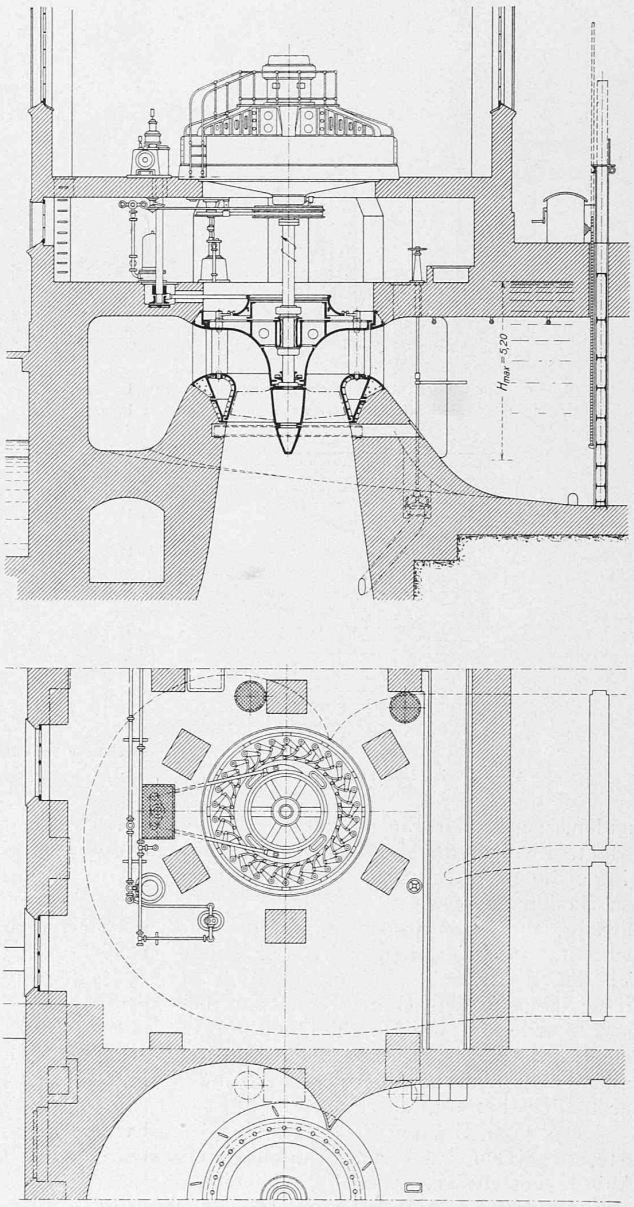

Abb. 1. Schnitt und Grundriss der Propeller-Turbine von 2700 PS bei 2,5 bis 5,2 m Gefälle und 107 Uml/min. — Masstab 1 : 200.

zeitigte, entschloss sich die A.-G. der Elektrizitätswerke Wynau in Langenthal, den Bau zweier Propeller-Turbinen, jede berechnet für ein veränderliches Gefälle von 2,5 bis 5,2 m für eine Leistung von 2700 PS und eine Drehzahl von 107 Uml/min, dieser Firma zu übertragen. Die Turbinen der alten Zentrale entwickeln unter dem gleichen Gefälle, bei einer Drehzahl von nur 42 Uml/min, 860 PS.

Die Turbinen sind in Abb. 1 in Schnitt und Grundriss dargestellt. Jede Gruppe hat drei Lager, wovon zwei zum Generator gehören. Das mittels kleiner, durch Zahnräder von der Turbinenwelle aus angetriebenen Zahnradpumpe geschmierte Turbinenlager ist auf dem Leitraddeckel befestigt. Die Oelzirkulation ist auf Entfernung sichtbar.

Das Wasser wird dem Leitrad durch eine Spirale aus Eisenbeton zugeführt. Um die Wassermessung mittels Flügel zu erleichtern, d. h. Wirbel nach Möglichkeit zu ver-

Die 2700 PS Propeller-Turbine von Wynau.

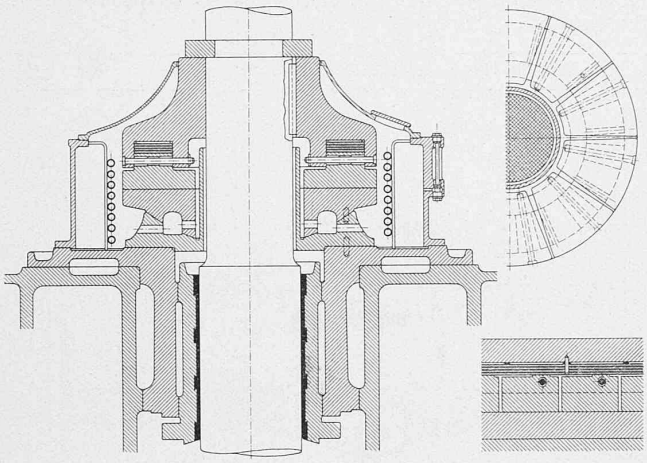

Abb. 3. Axialschnitt durch das Ringspurlager und Untersicht der Segmente. Rechts unten abgewickelter zylindrischer Schnitt durch die Ringspur.

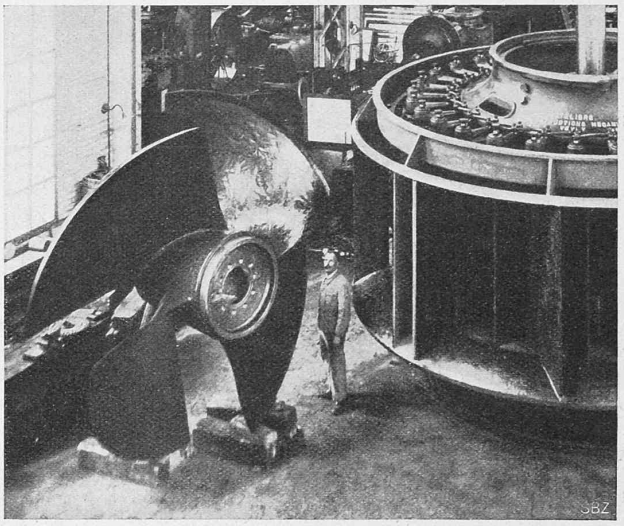

Abb. 2. Ansicht des Laufrades und des Leitapparates der Turbine, gebaut von den Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey.

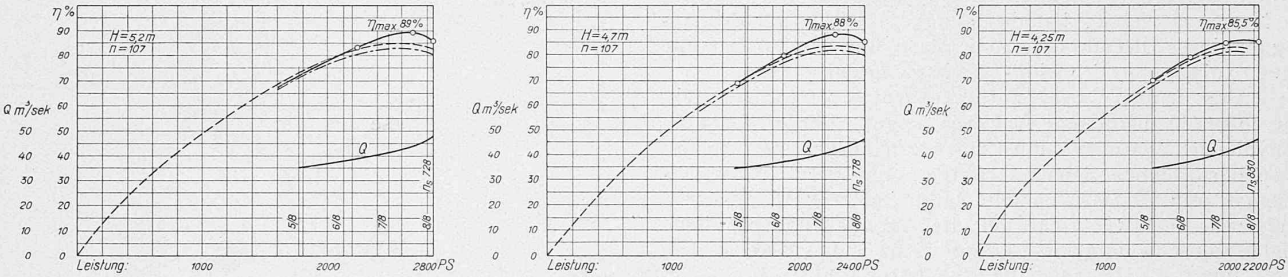

Abb. 4. Ergebnisse der Abnahmeversuche bei Gefällen von 5,2 m, 4,7 m und 4,25 m und je 107 Uml/min.
——— Erreichte Wirkungsgrade; — — — Mit 2% Toleranz garantierte Wirkungsgrade; —·—·— Ohne Toleranz garantierte Wirkungsgrade.

meiden, wurde der Einlauf zur Spirale symmetrisch angeordnet. Zwei in den Fundamenten verankerte gusseiserne Ringe, die in einem Stück mit den kräftigen, fischförmigen Säulen gegossen sind, dienen einerseits zur Wasserführung, anderseits als Gestell für die Turbine. Sie haben nicht nur die Turbinen zu tragen, sondern auch einen Teil des Zwischenbodens und des durch Betonsäulen auf diesen abgestützten Generators. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Durchbildung des Beton-Saugrohres gelegt, um die im Wasser beim Eintritt in diesen noch enthaltene kinetische Energie, die rund rund $^1/_4$ bis $^1/_3$ der totalen beträgt, auszunützen.

Das vom Stahlwerk Fischer in Schaffhausen gelieferte, in einem Stück aus Stahlguss hergestellte Laufrad (Abb. 2) besteht aus einer Nabenscheibe und vier Flügeln ohne Aussenkranz. Es hat eine dem Schiffspropeller ähnliche Form Um die Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrade zu vermindern, ist der Durchmesser am Austritt grösser gemacht worden, als am Eintritt. Die Schaufeln sind verhältnismässig lang, um eine gute Wasserführung zu erreichen und damit schädliche Wirbel zu vermeiden. Das an den Kuppelflansch der Turbinenwelle angeschraubte Laufrad ist von einem leicht demontierbaren Mantel aus Gusseisen umgeben. Bei der Demontage des Generators kann das Rad auf zwei I-Eisen abgestützt werden, die in den im obern Teil des Aspirators vorgesehenen Oeffnungen befestigt werden. Der Rotor des Generators wird vor der Demontage des Spurlagers auf das untere Armkreuz vermittelst sechs Schraubenwinden abgestützt.

Der Leitapparat, ähnlicher Konstruktion wie diejenigen von Francisturbinen, besteht aus einem untern Leitboden, an dem der oben erwähnte konische Führungsmantel zum Laufrad angegossen ist, einem obern Deckel und 30 Drehklappen aus Stahlguss. Diese sind mit ihren in Bronzebüchsen gelagerten Drehzapfen in einem Stück gegossen. Die obern Zapfen durchdringen den Leitraddeckel und tragen an ihren Enden die Regulierhebel, die durch Lenker aus Bronze mit dem Regulierring verbunden sind. Diese Lenker sind so ausgebildet, dass sie knicken, falls ein Fremdkörper sich zwischen zwei Drehklappen einklemmt.

Das *Ringspurlager,* das auf das obere Armkreuz des Generators montiert ist, hat die rotierenden Teile des Generators und der Turbine, sowie den axialen Schub des Wassers auf das Laufrad aufzunehmen. Seine gesamte Belastung beträgt 82 t. In Abbildung 3 ist das von den Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey ausgeführte, patentierte Spurlager dargestellt. Dessen untere Linse besteht aus einer Scheibe von 940 mm Durchmesser; die obere ist mit zehn Kippsegmenten versehen, die in bekannter Weise, durch ihre Schrägstellung, den zur Entlastung nötigen Oeldruck selbst erzeugen. Diese Segmente stützen sich auf vier federnde Ringe aus Chrom-Nickelstahl, wodurch eine gleichmässige Verteilung der Last auf alle Segmente und auf deren ganze Breite gewährleistet ist, auch wenn die Welle nicht genau rund läuft, oder wenn Ausführung und Montage nicht absolut einwandfrei sind.

Regulierung. Jede Gruppe ist mit einer getrennten zweistufigen Zahnrad-Oelpumpe versehen, die das Oel unter 15 at Druck in den Windkessel befördert. Diese Apparate sind auf dem Zwischenboden aufgestellt und können samt den Verbindungsleitungen in ein gemeinschaftliches, ebenfalls auf dem Zwischenboden aufgestelltes Reservoir entleert werden; eine mit Elektromotor angetriebene Zentrifugalpumpe gestattet, sie in kürzester Zeit zu füllen. Die Regulatoren sind im Generatorsaal aufgestellt. Sie sind ähnlicher Konstruktion, wie die im „Bulletin Technique de la Suisse Romande" vom 24. Mai 1924 beschriebenen der Zentrale Broc an der Jogne. Jede Turbine ist mit Sicherheitsregler ausgerüstet, der das automatische Schliessen des Leitapparates bewirkt, wenn das

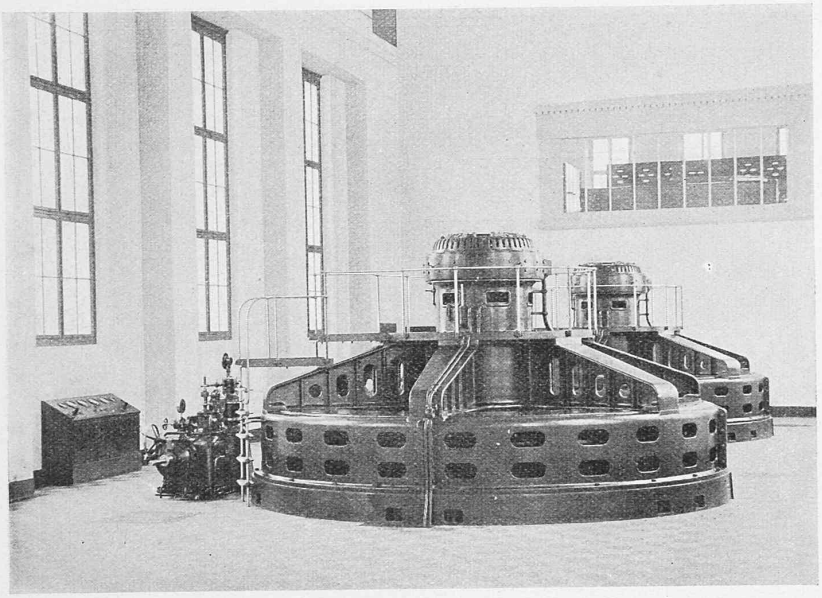

Abb. 6. Innenansicht des Maschinensaales mit den 2200 kVA-Generatoren von Brown, Boveri & Cie.

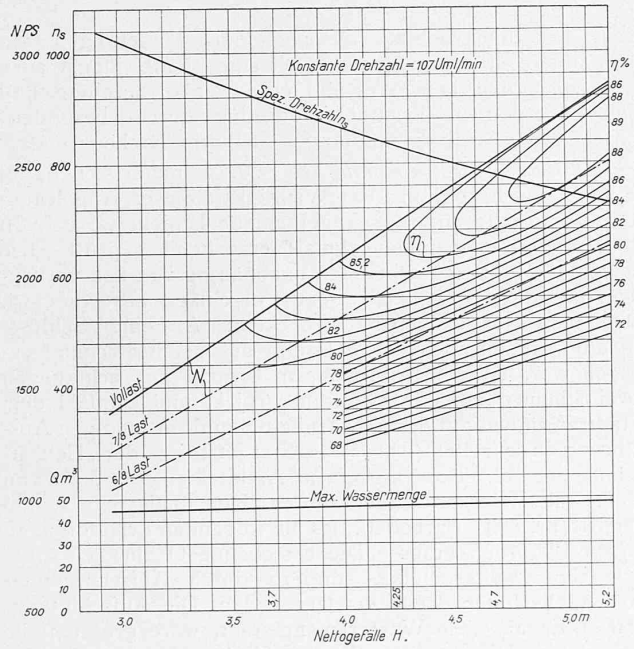

Abb. 5. Hauptcharakteristik der Propeller-Turbine, Wynau, nach den Ergebnissen der Abnahmeversuche zusammengestellt.

Pendel des Regulators aus irgend einem Grunde, z. B. durch Abfallen des Riemens, zum Stillstand kommt. Eine weitere Sicherheitsvorrichtung besteht aus einem, auf der Turbinenwelle befestigten Sicherheitspendel, das die Schliessbewegung des Regulators einleitet, sobald die Drehzahl der Turbine eine bestimmte Grenze überschreitet.

Versuche. Die ersten beiden Turbinen, die im Oktober 1923 dem Betrieb übergeben wurden, haben von Anfang an vollbefriedigt, sodass die A.-G. Elektrizitätswerke Wynau zwei weitere gleiche Turbinen in Auftrag gab.

Anlauf. Das Anlauf-Drehmoment und die Stabilität des Ganges sind, im Gegensatz zu den Propeller-Turbinen mit kurzen Schaufeln, sehr gut. Im Lauf der Versuche mit dem kleinen Versuchsrade hatte man eine gewisse Unstabilität festgestellt; bei gleichbleibendem Gefälle und konstanter Drehzahl und Oeffnung verminderte sich die durchfliessende Wassermenge, die Leistung und in gewissem Grade auch der Wirkungsgrad nach etwa halbstündigem Betriebe langsam um etwa 3 %. Allerdings war die Versuchsturbine unter einem Gefälle untersucht worden, das beinahe so gross war, wie jenes der Turbine in Wynau.

Die grossen Turbinen in Wynau haben keinerlei derartige Erscheinungen gezeigt. Die Abnahmeversuche fanden vom 9. bis 16. Januar 1924 statt, unter der Leitung [1]) des Eidgen. Amtes für Wasserwirtschaft in Bern; die Wassermessung erfolgte durch Flügel. Die elektrische Leistung wurde von der Eichstätte des Schweizer. Elektrotechnischen Vereins Zürich gemessen. Aus den von dem erwähnten Amte ausgearbeiteten Diagrammen Abb. 4 und 5 sind die erhaltenen offiziellen Versuchsresultate ersichtlich. Der maximale Wirkungsgrad beträgt 89 % bei einer spezifischen Drehzahl von 728. Diese Resultate sind umso bemerkenswerter, als der Wirkungsgrad, schon bei dem reduzierten Gefälle von 4 m, 85 % beträgt, wobei die spezifische Drehzahl 862 erreicht. Trotzdem das Gefälle zwischen 2,5 und 5,2 m schwankt, verändert sich die von der Turbine geschluckte Wassermenge nur um etwa 8 %. Dies ist von grosser Wichtigkeit, da sich die Leistung bei Hochwasser viel weniger vermindert, als bei Francisturbinen.

Noch einige Worte über die *Vorteile der Propeller-Turbinen.* Diese Turbinen eignen sich besonders für Niederdruckanlagen, wo grosse Wassermengen verarbeitet werden müssen. In Bezug auf die Francisturbine haben sie folgende Vorteile: Sehr hohe Drehzahl, somit geringer Platzbedarf und Preis des Generators, weniger breiter Maschinensaal. — Hoher Wirkungsgrad für Belastungen zwischen $^3/_4$ Last und Vollast. Der Wirkungsgrad des Generators ist ebenfalls höher wegen der grossen Umfangsgeschwindigkeit. — Bei Hochwasser, wo das Gefälle meist stark vermindert wird, ist der Leistungsabfall bedeutend geringer als bei der Francisturbine. — Das Laufrad hat nur wenig Schaufeln, sodass der Abstand zwischen denselben mindestens dreimal grösser ist, als bei den Francisturbinen, und ein Verstopfen des Rades ausgeschlossen ist. Der Abstand zwischen den Rechenstäben kann infolgedessen sehr gross gehalten werden, wodurch die Kosten für den Rechen, der durch ihn verursachte Gefällverlust, sowie die Bedienung für die Rechen-Reinigung stark herabgesetzt werden. — Der Generator ist leichter, der Laufkran kann für kleinere Tragkraft gebaut und die Mauern des Maschinensaals schwächer gehalten werden. — Das Laufrad mit nur wenig Schaufeln, die mit der Nabe aus einem Stück gegossen sind, ist kräftiger als das Francisrad. — Spaltverluste wie bei Francisturbinen, wo sich der Spalt zwischen Lauf- und Leitrad durch Korrosion vergrössert, können bei der Propeller-Turbine mit konischem Laufrade durch Höherziehen desselben auf ein Minimum reduziert werden.

*

Zur Vervollständigung der vorstehenden Mitteilungen fügen wir nebst Abbildung 6 einige den BBC-Mitteilungen (Sept. 1924) entnommene Angaben über die Generatoren bei. Diese sind für eine Leistung von 1540 kW bei cos $\varphi = 0{,}7$ berechnet. Sie erzeugen Drehstrom von 9500 Volt und 50 Perioden. Das 26,5 t wiegende Polrad ist zweiteilig und besteht aus Stahlguss. Bei seiner Konstruktion musste besonders darauf Rücksicht genommen werden, dass die Durchbrenn-Drehzahl solcher Schnelläuferturbinen bedeutend höher ist, als die von Turbinen der bisher üblichen Bauart. Im vorliegenden Falle ist sie zur Sicherheit gleich der 2,7-fachen normalen Drehzahl angenommen worden, während bisher mit 1,8- bis höchstens 2-facher Drehzahl gerechnet wurde. Vor Ablieferung sind die Polräder samt den Polen und Vertikalflügeln während einer Minute mit 287 Uml/min geschleudert worden, ohne dass sich irgend welche Formveränderung gezeigt hätte.

[1]) Vergl. hierüber Jahresbericht des Amtes, S. 184 dieser Nummer.