Specialbericht über die Turbinen und deren Regulatoren an der Weltausstellung in Paris 1900

Autor(en): **Prášil, Franz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **37/38 (1901)**

Heft 6

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-22664

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Specialbericht über die Turbinen und deren Regulatoren an der Weltausstellung in Paris 1900. I. — Rückblick auf die deutsche Bauausstellung in Dresden. — Wettbewerb für ein Aufnahmegebäude des Bahnhofes in Chaux-de-Fonds. II. (Schluss.) — Das schweiz. Gesetz betr. die elektr. Schwach- und Starkstromanlagen. II. — Grosse Wasserkraftanlagen in Norwegen. — Simplon-Tunnel. — Miscellanea: Zuleitungskanal mit hölzernen Röhren von 2,75 *m* Dmr. Monats-Ausweis über die Arbeiten im Albula-Tunnel. Monats-Ausweis über die Arbeiten am Simplon-Tunnel. Gebäude-Hebung. Hochöfen auf Elba. Selbstthätige Kuppelungen an Güterwagen. Neubau des Oberlandsgerichtsgebäudes in Hamburg. — Konkurrenzen: Neues Spitalgebäude in Lugano. Mittlere Rheinbrücke in Basel. — Nekrologie: † R. Kühn. — Litteratur: Architekt. Monatshefte. Das Detail in der modernen Architektur. Zeitungskatalog und Insertionskalender für 1901 v. R. Mosse. Litterar. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: G. e. P.: Stellenvermittelung.

Specialbericht über die Turbinen und deren Regulatoren an der Weltausstellung in Paris 1900.

Von Professor *F. Prášil*, Zürich.

I.

Die Reihenfolge der in diesem Bericht zur Schilderung und Beurteilung kommenden Objekte ist der Turbinen-Tabelle angepasst, welche bereits in Band XXXVI Nr. 13 dem einleitenden Bericht über die Klasse 20 „Diverse Motoren" an der Weltausstellung beigefügt war. Durch Ueberlassung eines reichen Materiales an Zeichnungen haben die meisten der ausstellenden Firmen die Ausarbeitung dieses Artikels in hohem Maasse gefördert, wofür denselben der Dank des Verfassers ausgesprochen sei. Allerdings konnte vielfach nur ein Teil dieses zur Verfügung gestellten Materiales eingehender in Wort und Zeichnung behandelt werden, doch hoffen wir, dass die getroffene Auswahl des Stoffes zur fachlichen Beurteilung des Standes des Turbinenbaues, soweit derselbe an der Ausstellung vertreten war, genügen werde.

* * *

In der *französischen Abteilung* waren es in erster Linie die amerikanischen Typen, welche die Aufmerksamkeit des Fachmannes auf sich lenkten.

Die französischen Turbinenbauer fanden an den Weltausstellungen in Philadelphia 1876 und Chicago 1893 die Anregung zur Aufnahme dieser Typen in ihr Arbeitsgebiet. Wohl wurden damalige Angaben von Ausstellern über die erreichbare Höhe des effektiven Wirkungsgrades in französischen, wie auch in anderen in Frankreich gelesenen Berichten (G. Richard: La mécanique générale américaine

Teisset, Vve. Brault & Chapron, Paris-Chartres.

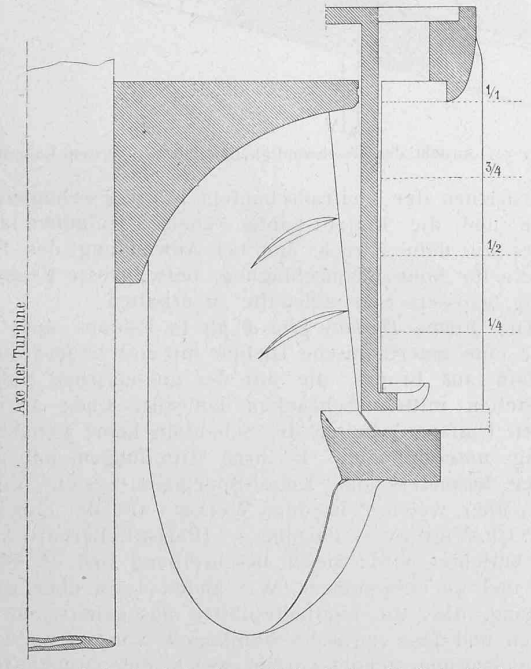

Fig. 2. Längsschnitt durch Lauf- und Leitrad einer Herkules-Turbine. 1 : 5.

à l'exposition de Chicago — Bulletin de la Société d'encouragement 1894 — G. A. Bodmer: Traité des moteurs hydrauliques) einer eingehenden und schliesslich einschränkenden Kritik unterzogen, aber die Vorteile der grösseren Umdrehungszahl gegenüber den damals in Europa gebräuchlichen Systemen, sowie die Eignung zur Herstellung in Serien scheinen für die französischen Konstrukteure doch bestimmend gewesen zu sein, um einigen der vorgefundenen Typen Eingang in die Maschinenindustrie ihres Landes zu verschaffen und deren Ausbildung in die Hand zu nehmen.

In ihren jetzigen Ausführungen lehnt sich die französische Bauart bezüglich der Form der Laufradschaufeln hauptsächlich an das amerikanische Original der „*Herkules-Turbine*" (Erbauer Mac Cornick in Holioke) und zum Teil

Teisset, Vve. Brault & Chapron, Paris-Chartres.

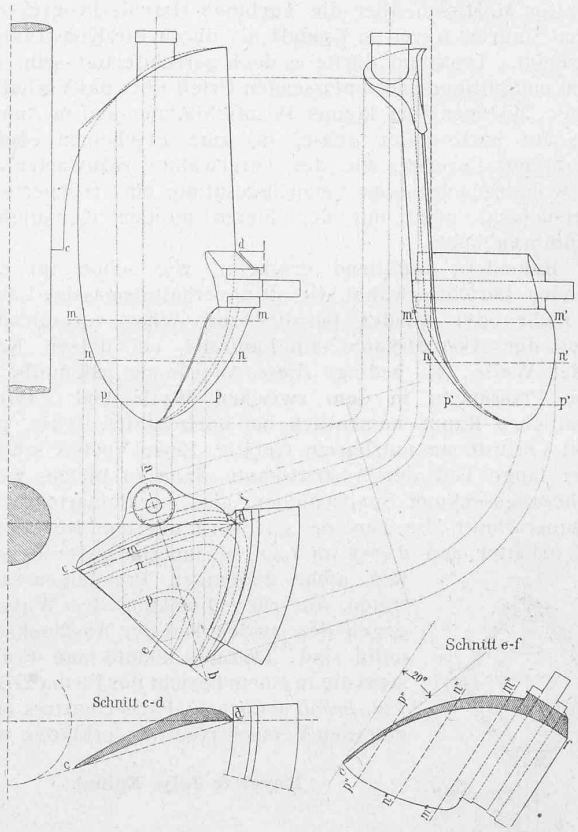

Fig. 1. Schaufelplan einer Herkules-Turbine. — 1 : 5.

an die „Viktorturbine" an. Der allgemeine Aufbau ist im wesentlichen derselbe; die Unterschiede liegen hauptsächlich in den Anordnungen der Regulierungsorgane und teilweise auch in den Formen der Schaufeln, sowie in der Verbindung der Laufradschaufeln und der Nabe zum Laufrad. Der Detailbeschreibung der einzelnen Ausführungen sei eine orientierende allgemeine Betrachtung über die Abmessungen dieser Turbinen, über ihre Formgebung und die Wirkungsweise ihrer Schaufelungen vorausgeschickt.

Aus den vorliegenden Zeichnungen und den Prospekten der in Betracht kommenden Firmen konnten folgende mittlere Verhältniszahlen als zumeist gebräuchlich gefunden werden:

a) Für die Berechnung des Spaltdurchmessers D_1 aus der sekundlichen Wassermenge Q und dem Gefälle H bezw. der Gefällsgeschwindigkeit $C = \sqrt{2\,g\,H}$:

$$D_1 : \sqrt{\frac{Q}{C}} = 1{,}9 \text{ bis } 2{,}1, \text{ somit im Mittel } 2{,}0.$$

b) Für die Breite (B_1) am Spalt:

$$B_1 : D_1 = 1 : 2{,}26 \text{ bis } 1 : 2{,}34, \text{ somit im Mittel } 1 : 2{,}30.$$

c) Für den Koefficienten Ku der Umfangsgeschwindigkeit am Spalt: $Ku = \frac{D_1\,\pi\,n}{60\,C} = 0{,}68$ bis $0{,}75$, wobei D_1 B_1 und H in Metern und Q in Kubikmetern pro Sekunde gemessen sind.

Wenn somit der Geschwindigkeits-Koefficient auch innerhalb der bei anderen Systemen zur Zeit ebenfalls angewendeten Grenzen bleibt, so sind doch die unter *a* und *b* angegebenen Verhältniszahlen weit höher als bei anderen Systemen, was kleinere Durchmesser und (gegen andere einkränzige Turbinen um 20 bis 35 %) erhöhte Umdrehungszahl zur Folge hat.

Die diese Systeme charakterisierenden Schaufelformen sind in der Figur 2 [1]) des einleitenden und den Figuren 1 und 2, Seite 53 des vorliegenden Berichtes dargestellt. Bei näherem Studium derselben fallen zwar, so lange es sich um Vollbeaufschlagung handelt, die Bedenken wegen des Einflusses vergrösserter hydraulischer Verluste zum Teile fort und es erscheint der aus einer Versuchsreihe entnommene Wirkungsgrad von 82,2 bis 82,6 % (siehe Bulletin de la Société d'encouragement, November 1896 — Bericht von Professor M. Hirsch über die Turbinen Hercule-Progrès der Firma Singrün frères in Epinal) als durch die Konstruktion begründet. Trotzdem dürfte es doch gerechtfertigt sein, mit einem endgültigen und umfassenden Urteil über das Verhalten solcher Turbinen, bei kleiner Beaufschlagung und in Anordnung auf horizontaler Achse, bis zum Erscheinen ebenso autentischer Berichte, wie der vorerwähnte zuzuwarten, da sich wohl zunächst ohne Versuchsresultate eine rechnerische Untersuchung nicht mit der hierzu nötigen Genauigkeit durchführen lässt.

Besonders auffallend erscheint, wie schon im einleitenden Bericht erwähnt, die oft unverhältnismässige Länge des mehr oder minder parallel zur Achse verlaufenden Teiles der Austrittskante am Laufrade bei dessen Nähe an der Welle; es bedingt diese Anordnung jedenfalls erhöhte Pressungen in dem zwischen Welle und Laufrad befindlichen Raum, namentlich bei horizontaler Achse, und damit Verluste an nutzbarem Gefälle. Einen Vorteil scheint dieser lange Teil der Austrittskante dann zu bieten, wenn bei herabgesenktem Spaltschieber, also verkleinertem Eintrittsquerschnitt, die Turbine mit vermindertem Reaktionsgrad arbeitet und dabei im Laufrad innerhalb der Schaufeln nicht diejenigen Pressungen auftreten, die zur Ablenkung des Wassers gegen den runden Teil der Ausflusskante nötig sind. Dadurch könnte man wenigstens die in einem Bericht der Firma *Teisset Vve. Brault & Chapron*, Paris-Chartres mitgeteilten Versuchsresultate erklären, wonach eine von diesem Hause gelieferte Herkules-Turbine bei 1/4 Oeffnung noch mit einem Wirkungsgrad von 68 % arbeiten soll; allerdings mit einer kleineren Tourenzahl, als bei Vollbeaufschlagung.

Es sei noch erwähnt, dass die meisten Firmen an den Eintrittsflächen der Laufradschaufeln Führungsschaufeln anwenden und die Eintrittskanten konisch zulaufen lassen; letzteres zu dem Zweck, um bei Anwendung des Spaltschiebers für hohe Beaufschlagung, bezw. grosse Reaktionswirkung, grössere Schaufelspalte zu erhalten.

Die Firma *Darblay père & fils* in Essones und Paris brachte eine amerikanische Turbine mit einzeln hergestellten Schaufeln aus Bronze, die mit der gusseisernen Nabe an zwei Stellen mittels Schrauben befestigt sind; an ihrem äusseren Umfang erhalten die Schaufeln keine weitere Verbindung untereinander. In ihren Mitteilungen heben die Erbauer besonders das Kugel-Spurlager System Vigreux hervor, über welches in dem Werke: Art de l'Ingénieur par M. Ch. Vigreux — Turbines — (Paris, E. Bernard & Cie., 1899) berichtet wird; dieser Beschreibung sind die Skizzen Fig. 3 und 3a entnommen. Wir finden darin ebenfalls die Mitteilung, dass die Laufbahnplatten aus gehärtetem Stahl bestehen und dass englische Stahlkugeln von 10 bis 19 *mm* Durchmesser angewendet werden, welche eine Druckfestigkeit von 26 300 *kg* bei 10 *mm* Durchmesser besitzen sollen. Die von derselben Firma ausgestellte Partial-Turbine und die Rohgussmuster von Leit- und Laufrad einer vertikalachsigen Girard-Turbine boten konstruktiv nichts Neues.

Die amerikanischen Turbinen „System Normal" von *Laurent frères & Collot* in Dijon haben Herkules-Schaufelung, äussere Ringschieberregulierung, Unterwasserzapfen aus

Laurent frères et Collot-Dijon.

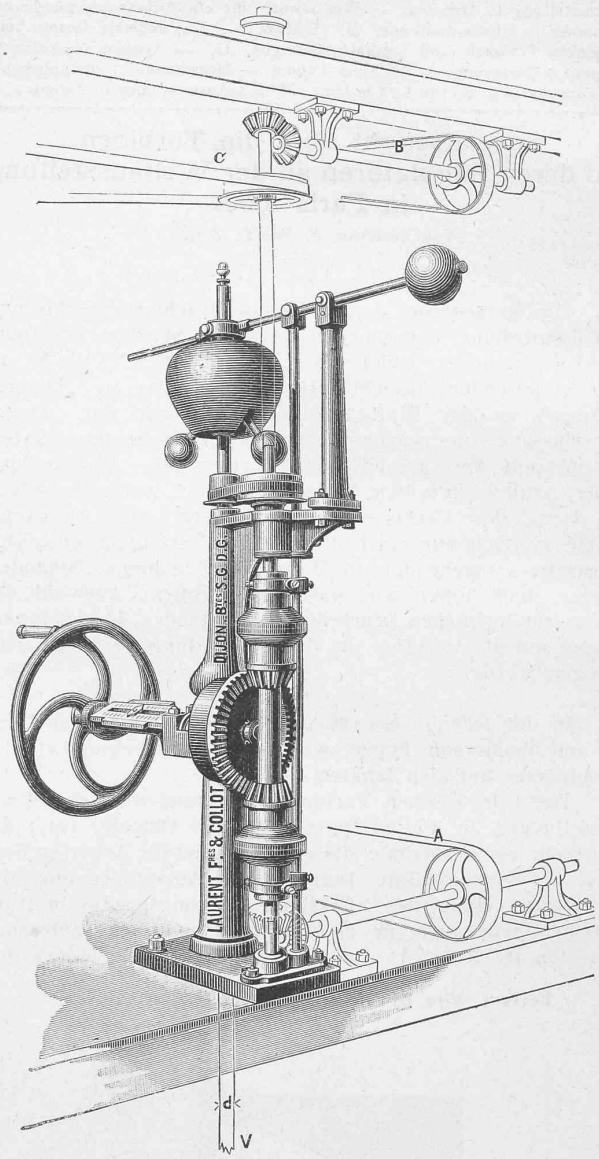

Fig. 5. Ansicht des Geschwindigkeitsregulators, System Laurent.

Royer & Joly, Epinal.

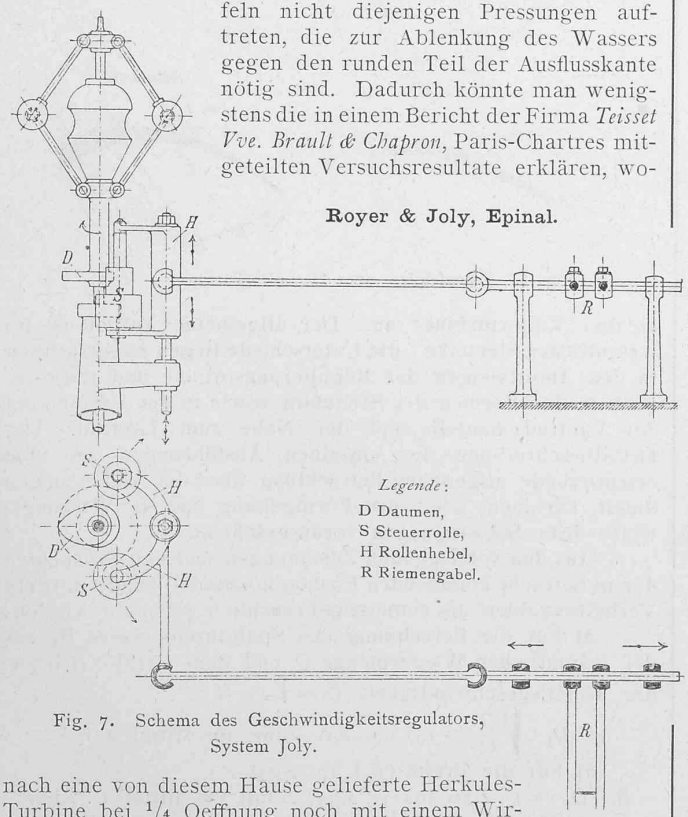

Fig. 7. Schema des Geschwindigkeitsregulators, System Joly.

[1]) Bd. XXXVI Seite 117.

Pockholz mit Hebelaufhelfung bei vertikaler Anordnung und Halslager mit Druckschraube am Wellenende bei horizontaler Ausführung. In Fig. 4 ist die vertikale Anordnung im Schnitt dargestellt. Der Ringschieber wird mit Zahnstangen und Winkelgetriebe entweder von Hand oder mittels eines Regulators bethätigt. Die Konstruktion des letzteren ist aus Fig. 5 und 6 zu ersehen. Zum Antrieb der Regulierwelle ist ein Kehrgetriebe mit konischen Zahnrädern und Konus-Friktionskuppelungen derart in Verbindung mit einem Centrifugalpendel gebracht, dass bei Mittelstellung des letzteren die verschiebbaren Konuse der Friktionskuppelungen frei sind. Hebt oder senkt sich die Hülse des Centrifugalpendels, so erfolgt durch das Verbindungshebelwerk die Einrückung; da aber die Gegenkonuse nicht in fester Verbindung mit ihren Zahnrädern stehen, sondern zwischen beiden elastische Bindeglieder, Spiralfedern derart eingeschaltet sind, dass die Zahnräder erst allmählich mitgenommen werden, so findet der Eingriff ohne erheblichen Stoss statt; Rückführung und Katarakt sind nicht vorhanden. Für hohe Ansprüche ist der Regulator jedenfalls nicht geeignet.

Laurent frères et Collot-Dijon.

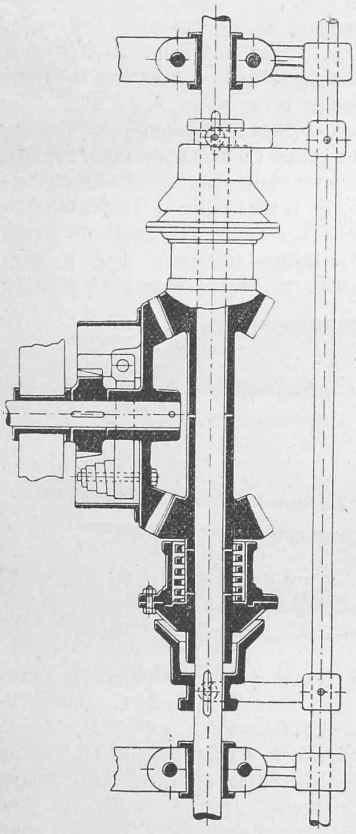

Fig. 6. Schema des Kehrgetriebes zum Geschwindigkeitsregulator.

Royer & Joly in Epinal stellen nur Aktionsturbinen aus. Ihr grösstes Objekt war die einkränzige Grenzturbine von 2,8 *m* mittlerem Durchmesser in achsialer Anordnung, mit hohler Gusswelle und Fontainezapfen, für Einbau im offenen Wasserkasten und mit Klappenregulierung ausgerüstet. Der Antriebsmechanismus dieser Regulierung ist eine Variante der bekannten Konstruktionen mit Rollenführung. Die Klappen sind derart mit Ansätzen versehen, dass sie von selbst gesperrt sind. Die Ausführung war eine sehr saubere.

Von den beiden geschlossenen Girard-Achsialturbinen dieser Firma war die eine mit vertikaler Welle und einfach, die andere mit horizontaler Welle und als Doppelturbine ausgeführt; in beiden Fällen dienten die bekannten Flachschieber als Regulierorgane. Die Doppelturbine hatte einen, mittels Riemenkehrgetriebes auf die Regulierwelle wirkenden Regulator, der in der Fig. 7 schematisch dargestellt ist. Mit der Hülse des Centrifugalpendels ist ein Daumen fest verbunden, der mithin an der Rotation der Hülse teilnimmt; in bekannter Weise sind seitlich desselben auf den Armen eines Doppelhebels die dreistufigen Rollen auf zur Drehachse des Centrifugalpendels parallelen Achsen gelagert. Je nach der Stellung der Hülse wird der Doppelhebel, und durch denselben die Riemengabel verschoben und somit das Kehrgetriebe bethätigt. Nun ist aber dem Rollenhebel selbst eine konstante, auf- und abgehende Bewegung von solcher Grösse erteilt, dass, wenn auch bei verstellter Hülse durch den Daumen eine Riemenverschiebung auf eine der Arbeitsscheiben bewirkt würde, diese Verschiebung wieder rückgängig gemacht wird, indem bei dem erwähnten Auf- und Abgehen des Rollenhebels die mittleren Rollen doch wieder in Bereich des Daumens kommen. Es ist hiermit eine Art Rückführung vorhanden, die jedoch in der gegebenen Anordnung nur eine intermittierende Bewegung der Regulierwelle zur Folge hat; immerhin ist diese Disposition nicht uninteressant. Die von derselben Firma ausgestellte Partial-Girard-Turbine auf horizontaler Achse mit innerer Beaufschlagung und entlastetem Schieber bot nichts Neues.

Darblay père et fils, Essonnes-Paris.

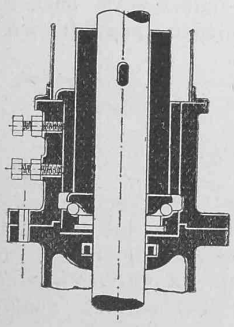

Fig. 3. Masstab 1 : 7.

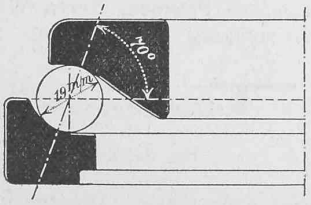

Fig. 3a. Masstab 1 : 2.
Kugellager, System Vigreux.

Laurent frères et Collot-Dijon.

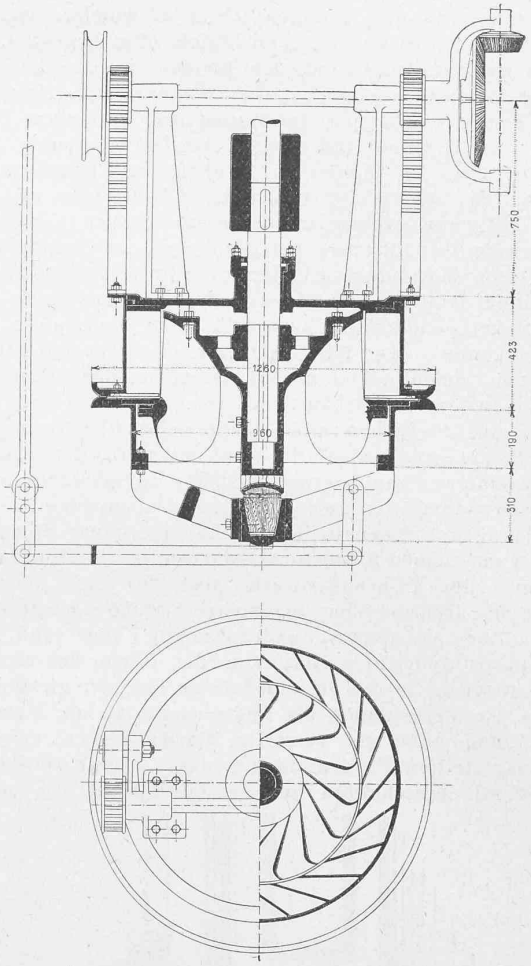

Fig. 4. Turbine «System Normal». 1 : 25.

Bemerkenswert sind folgende von der Firma mitgeteilten Schaufelwinkel:

Art der Turbine	Leitradwinkel	Laufradwinkel
Grenz-Turbine	25^0	22^0
Achsial-Girard-Turbine	25^0	15^0, 16^0
Partial-Girard-Turbine	20^0	12^0

Die Lager der horizontalen Wellen waren als Ringschmierlager ausgeführt. (Fortsetzung folgt.)