

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69/70 (1917)**

Heft 4

PDF erstellt am: **29.06.2024**

### **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.

INHALT: Versuche über die Regulierarbeit von Francisturbinen. — Wettbewerb für die Schweizerische Nationalbank in Zürich. — Kolk-Erfahrungen und ihre Berücksichtigung bei der Ausbildung beweglicher Wehre. — Elektrifizierung der Gottardbahn. — Zur Einführung einer durchgehenden Luftdruck-Bremse für Güterzüge in Deutschland. — Raumkunst-Ausstellung des S. W. B. — Miscellanea: Die Entwicklung der Stadt Paris. Lamellierte Zahnräder mit nachgiebiger Verzahnung. Siamesische

Südbahn. Rhein-Herne-Kanal. Verwertung des Azetylen-Kalkschlamms. Ein Eisenbeton-Schorstein von 174 m Höhe. Schweizerische Kommission für Mass und Gewicht. — Konkurrenzen: Bebauungsplan der Gemeinde Leysin. Bebauungsplan der Gemeinde Grenchen. Bebauungsplan für Zofingen. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender; Mitteilung über den Fall Kleiber. Maschineningenieur-Gruppe Zürich der G. e. P. Stellenvermittlung.

## Versuche über die Regulierarbeit von Francisturbinen.<sup>1)</sup>

Von Ing. Dr. A. Strickler, Zürich.

Die Form der Leitschaufeln, ihre gegenseitige Entfernung und die Lage des Drehpunktes bestimmen den Widerstand, der beim Verstellen eines Leitapparates zu überwinden ist, den Regulierwiderstand. Der Konstrukteur hat die Aufgabe, die Formgebung und Dimensionierung eines Turbinen-Leitapparates derart zu gestalten, dass die Regulierarbeit, d. i. die für die Ueberwindung des obigen Widerstandes nötige Arbeit so klein als möglich wird. Es liegt dies im relativ hohen Preis der Regulatoren begründet, deren Kosten pro Gewichtseinheit das mehrfache derjenigen der Turbinen beträgt. Anderseits erfordert die Oeffertkalkulation eine möglichst scharfe Vorausberechnung der Grösse des Regulierwiderstandes für einen gegebenen Turbinentypus, damit die passende Regulatorgrösse ausgewählt werden kann. Es sei der Zweck der vorliegenden Arbeit, auf experimenteller Grundlage die Zusammenhänge zwischen Regulierarbeit und den Dimensionen des Leitapparates darzustellen, um Formeln zu gewinnen, die die Vorausberechnung der Regulierarbeit gestatten.

Durch das freundliche, weitgehende Entgegenkommen der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie. in Zürich wurde mir ermöglicht, ein reichhaltiges Versuchsmaterial dieser Firma über mittlere und grosse schweizerische Turbinen-Anlagen zu verarbeiten und zu veröffentlichen. Es handelt sich um Indizierungen an den Drucköl-Servomotoren der untersuchten Turbinen während voller Regulierwege. Die so ermittelte indizierte Arbeit ist identisch mit der totalen Regulierarbeit der Turbinen-Leitapparate.

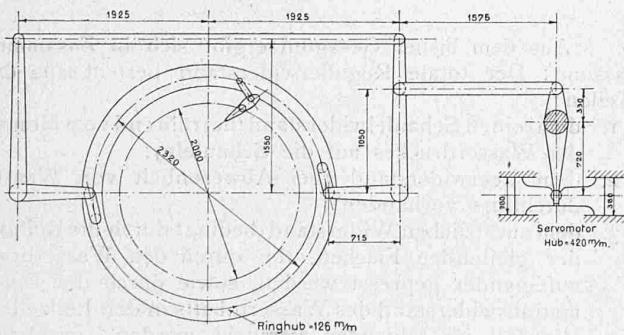


Abb. 1. Schema des Regulierantriebs der Turbinen in Laufenburg.

Eine erste Versuchsreihe bezieht sich auf *Francis-Turbinen in offener Anordnung*:

1. Versuche an Turbine I des Kraftwerks *Laufenburg*. Die Daten der Turbine, einer vierfachen Francisturbine mit horizontaler Welle, von gleicher Bauart wie jene im Kraftwerk Augst (siehe „Schweiz. Bauzeitung“, Band LXIII, Seite 109, 21. Febr. 1914), sind folgende: Gefälle  $H = 8,0 \text{ m}$ , Wassermenge  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{sek}$ , Mechan. Leistung  $N = 5000 \text{ PS}$ , Umlaufzahl  $n = 107$  in der Minute, Laufraddurchmesser  $D = 1,700 \text{ m}$ , Laufradbreite, bezw. Breite des Leitapparates  $B = 4 \times 0,700 \text{ m}$ . Die Anordnung der Regulierung ist in Abb. 1 schematisch dargestellt; beide Zylinderseiten des Servomotors werden vom Ventil gesteuert und haben gleichen Querschnitt. Die Leitschaufeln haben symmetrisches Profil.

<sup>1)</sup> Auszug aus der Promotionsarbeit des Verfassers „Vergleichende Untersuchungen an Leitapparaten von Francisturbinen“.

Die Durchführung der Versuche geschah auf folgende Weise: der mit der Turbine gekuppelte Drehstromgenerator arbeitete auf einen Wasserwiderstand; er wurde durch die auf seiner Welle sitzende Erregermaschine soweit erregt, dass er die volle Leistung der Turbine beanspruchte. Nachdem die Einstellung in diesem Sinne geschehen war, wurde durch Niederdrücken des Steuerstiftes ein vollständiger Schliesshub des Servomotors erzeugt. Während des nachfolgenden Öffnungshubes, durch Anheben des Steuerstiftes hervorgerufen, wurde der Oeldruck in beiden Seiten des Druckzylinders mit den Indikatoren aufgenommen.

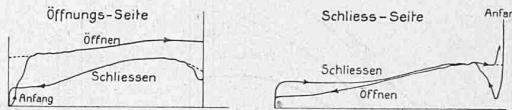


Abb. 2. Original-Indikator-Diagramme der Turbinen in Laufenburg.

Dann wurde nochmals ein Schliesshub erzeugt, und in gleicher Weise indiziert. Die Indizierdiagramme dieses normalen Versuchs sind in Abbildung 2 enthalten. In dieser direkt aufgenommenen Form sind sie jedoch nicht übersichtlich. In Abb. 3 (S. 38) sind die Drücke beider Zylinderseiten für je einen Hub zusammengestellt, und daraus die in jeder Richtung wirkenden Kolbenkräfte abgeleitet (Abbildung 3c); sie sind die Differenz der Drücke auf beiden Zylinderseiten multipliziert mit der Zylinderfläche. Auf Öffnen wirkende Kräfte am Servomotor sind als positive, auf Schliessen wirkende als negative Ordinaten aufgetragen. Die Schliesslinie weist nach dieser Darstellung einen negativen Ast auf, wo der Leitapparat dem Servomotorkolben keinen Widerstand entgegenseetzt, sondern die Bewegung zu unterstützen sucht, der Servomotor also negative Arbeit leistet. Die Schliesszeit bei diesen beiden Versuchen beträgt etwa 1,5 bis 2 Sekunden.

Eine weitere Serie von Indizierungen wurde bei geschlossener Turbinenschütze durchgeführt. Es konnte somit kein Wasser durch die Turbine gelangen; die Laufräder standen still und die Leitschaufeln bewegten sich in der Luft. Für jeden Bewegungssinn ergab sich ein gleich grosser, für den ganzen Hub nahezu konstanter Widerstand. Dieser setzt sich zusammen aus der Reibung im Servomotor selbst, aus jener im Gestänge, im Regulierring, an den Laschen und in den Schaufelbolzen, sowie aus den Beschleunigungskräften, die im gesamten bewegten System der Regulierung auftreten. Subtrahiert man diese Widerstände, in der Folge Leerwiderstände genannt, von den Schliess- und Öffnungskräften bei Wasserdurchfluss, so entstehen in Abbildung 3c zwei weitere Kurven, deren gegenseitige Abstände ein Mass bilden für diejenigen Reibungswiderstände, die durch den Wasserdruk in den Zapfen des Leitapparates erzeugt werden, sowie für die Deformationsarbeit der in den Leitkanälen eingeschlossenen Wassermasse. Nimmt man in erster Annäherung diese zusätzlichen Widerstände in jeder Bewegungsrichtung als gleich gross an, so kann durch Halbierung der Abstände  $2R$  der reine Schaufelwiderstand, bezogen auf den Servomotor, gefunden werden. Wie aus Abbildung 3c ersichtlich, ändert sich der zusätzliche Widerstand  $R$  in bedeutendem Masse, je nach der Kolbenstellung. Am grössten ist er bei voller Öffnung des Leitapparates.

2. Versuche an einer Erregerturbine in der Anlage *Augst*. Die Daten der horizontalachsigen Zwillings-Francis-Turbine sind:  $H = 6,0 \text{ m}$ ,  $Q = 6,7 \text{ m}^3/\text{sek}$ ,  $N = 400 \text{ PS}$ ,  $n = 200/\text{min}$ ,  $D = 0,80 \text{ m}$ ,  $B = 2 \times 0,35 \text{ m}$ . Die Anord-