

DINGLERS POLYTECHNISCHES JOURNAL.

83. Jahrg., Bd. 317, Heft 1.

Stuttgart, 4. Januar 1902.

Jährlich 52 Hefte in Quart. **Abonnementspreis** vierteljährlich 6 M., direkt franko unter Kreuzband für Deutschland und Oesterreich 6 M. 65 Pf., für das Ausland 7 M. 30 Pf. Redaktionelle Sendungen und Mitteilungen bittet man zu richten: An die Redaktion von „Dinglers Polytechn. Journal“ in Stuttgart, die Expedition betreffende Schreiben an Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung (A. Kröner) Stuttgart.



Preise für Anzeigen: 1spaltig: 1 mm Höhe bei 48 mm Breite 10 Pf., 2spaltig (96 mm Breite): 20 Pf., 3spaltig (144 mm Breite): 30 Pf., 4spaltig (192 mm Breite): 40 Pf. Bei 6, 13, 26, 52maliger Wiederholung 10, 20, 30, 40 Prozent Rabatt. — **Beilagen** bis 20 Gramm 30 Mark netto. — Alleinige Annahmestelle für Anzeigen und Beilagen bei der Annoncen-Expedition Rudolf Mosse, Berlin, Stuttgart und Filialen.

Vergleichende Untersuchungen über die hydraulischen Eigenschaften der Ueberdruckturbinen¹⁾.

Von Enno Heidebroek, Assistent an der Königl. Technischen Hochschule Charlottenburg.

Der belebende Einfluss, den die Fortschritte in der Ausnutzung natürlicher Wasserkräfte für elektrische Kraftübertragung auf den gesamten Turbinenbau ausgeübt haben, äusserte sich vor allem darin, dass in die Reihe der bisher üblichen Turbinensysteme, wie sie seit einer Reihe von Jahren je von der einen oder anderen Turbinenfirma als Spezialität gebaut wurden, sich eine Anzahl neuer Konstruktionen eindrängte, welche den gesteigerten Anforderungen der Stromerzeuger in Bezug auf hohe Umlaufzahl und leichte Regulierbarkeit unter gleichzeitiger bester Ausnutzung der vorhandenen Energie besser als bisher genügten. Während für hohe Gefälle und geringe Wassermengen die partiell beaufschlagte Freistrahlturbine sich in ihren äussersten Konsequenzen bis zum Pelton-Motor und den sogen. Löffelturbinen entwickelte, eroberten sich für grössere Wassermengen die radialen Ueberdruckturbinen, die mit Hilfe des Saugrohres auch kleine veränderliche Gefälle vorteilhaft auszunutzen gestatteten, immer mehr das Feld; unter ihnen wieder vor allem die mit äusserer Beaufschlagung versehenen, die sogen. Francis-Turbinen in ihren verschiedenen Ausführungsformen. Auf der Pariser Weltausstellung liessen die Ausstellungen der grossen Schweizer Firmen diese beiden, hier gekennzeichneten Richtungen des modernen Turbinenbaues besonders ausgeprägt erscheinen (vgl. Reichel, *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1900; *Turbinen auf der Weltausstellung in Paris*).

Die Vorzüge des Francis-Systems, vor allem für elektrische Kraftübertragung, sind in der Fachliteratur der letzten Jahre bereits häufiger hervorgehoben; verkennen lässt sich aber nicht, dass es, namentlich in Verbindung mit selbstthätigen Reguliervorrichtungen, zu teureren Konstruktionen führt, die sich zwar da bezahlt machen, wo eben jene hohen Anforderungen vorliegen, aber in vielen anderen Fällen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit einfacheren Ausführungen weichen müssen. So erhalten sich insbesondere da, wo Wasser in Hülle und Fülle vorhanden ist, wie z. B. in Norwegen, die älteren Formen der Achsialturbinen mit ihren zwar theoretisch ungünstigen, aber leicht zu bedienenden und wenig kostspieligen Regulierungen und geringen Umlaufzahlen.

Ueberhaupt steht gerade im Turbinenbau die unendliche Mannigfaltigkeit der vorliegenden natürlichen Verhältnisse einer Schematisierung der Konstruktionen im Wege und erschwert ihre Ausführung als Massenartikel. Die massgebenden Faktoren der Turbine, Wassermenge und Gefälle, sind fast immer auch noch für jeden einzelnen Fall zeitlich veränderlich und ausserdem mit den verschiedensten Anforderungen bezüglich Umlaufzahl und Leistung in Einklang zu bringen. Den hierdurch gegebenen Bedingungen hat der ausführende Konstrukteur je

nach der Lage der Dinge in der einen oder anderen Weise, unter vorwiegender Berücksichtigung des einen oder anderen Umstandes gerecht zu werden.

Die theoretische Betrachtung, soweit sie in der Fachliteratur der letzten Jahre zu Tage tritt, bietet über die Abhängigkeit der Turbine von eben jener Veränderlichkeit wenig zusammenhängende Untersuchungen, wohl nicht zum mindesten aus dem Grunde, weil genaue Bremsversuche und Wassermessungen, namentlich bei grösseren Anlagen, bedeutenden Schwierigkeiten begegnen. Bei dem dadurch bedingten Mangel an Erfahrungswerten müssen auch in den bekannten Lehrbüchern über die *Theorie der Turbinen* die genauen theoretischen Berechnungen, welche besonders den verwickelten Vorgängen beim Uebergang des Wassers vom Leitrad in das Laufrad auf den Grund zu gehen suchen, zu ihrer Korrektur auf mancherlei Koeffizienten von sehr unsicheren Werte zurückgreifen.

Die vorliegenden Untersuchungen haben, ohne auf diese speziellen Fragen näher einzugehen, den Zweck, mittels einer angenäherten Methode und an der Hand eines bestimmten Beispiels vergleichsweise festzustellen, welchen Einfluss bei den Ueberdruckturbinen Veränderungen in den massgebenden Faktoren der Turbine: Wassermenge, Gefälle, Umlaufzahl auf die hydraulischen Verhältnisse im Lauf- und Leitrad ausüben, die entstehenden wesentlichen hydraulischen Verluste zu bestimmen, und vor allem die daraus resultierenden Drehmomente und Leistungen in ihrer Abhängigkeit von eben jenen Veränderungen zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen in Schaulinien dargestellt werden, um ihre Gesetzmässigkeit, soweit sie vorhanden ist, und die daraus zu ziehenden Schlüsse erkennen zu lassen.

(Auf die Zweckmässigkeit solcher Schaulinien weist auch Zeuner in seinem inzwischen erschienenen Buch: *Vorlesungen über Theorie der Turbinen* hin. Er leitet dabei ganz allgemein die zur Aufstellung einzelner solcher Diagramme führenden Gesetze aus Gleichungen her, die unter strenger Berücksichtigung aller Umstände den Gegenstand genauer umfassen, als es in der vorliegenden Arbeit beabsichtigt war.)

Während im allgemeinen die Berechnung einer Turbine für die günstigste Umlaufzahl, d. h. stossfreien Eintritt des Wassers in das Laufrad und senkrechten Austritt erfolgt, wird dieser Zustand im Betriebe selbst häufig nicht eingehalten werden können; es sollen deshalb auch hier die rechnerischen Grundlagen ganz allgemein abgeleitet werden.

Folgende Gleichungen, welche die hydraulischen Vorgänge vom Oberwasserspiegel bis Unterwasserspiegel verfolgen, seien dabei zu Grunde gelegt:

Es bezeichne:

- H das gesamte zur Verfügung stehende Gefälle in m,
- Q die Wassermenge in $\text{cbm}/\text{Sek.}$,
- H_0 den Abstand des Oberwasserspiegels vom Eintrittsumfange des Laufrades,

¹⁾ Auszug aus der bei der Königl. Technischen Hochschule Hannover zur Prüfung als „Doktor-Ingenieur“ eingereichten und genehmigten Abhandlung.