Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Die Eisenbahn = Le chemin de fer**

Band (Jahr): **14/15 (1881)**

Heft 12

PDF erstellt am: **28.04.2024**

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.

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

http://www.e-periodica.ch

INHALT. Ueber den Canalwiderstand der Voll-Turbinen. Von Albert Fliegner, Professor der theoretischen Maschinenlehre am eidg. Polytechnikum in Zürich. — Der Bergsturz in Elm. Nach Mittheilungen von Stadtingenieur A. Bürkli-Ziegler und Linthingenieur Legler. — Württembergische Landes-Gewerbeausstellung zu Stuttgart 1881. Mit einer Tafel. — Necrologie: J. J. Tobler. — Revue: Regulirung der Temperatur des in Wasserleitungen circulirenden Wassers. — Vereinsnachrichten.

Ueber den Canalwiderstand der Voll-Turbinen.*)

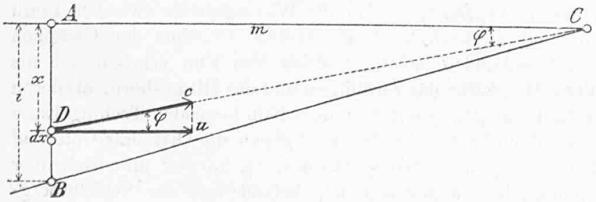
Von *Albert Fliegner*, Professor der theoretischen Maschinenlehre am eidgen. Polytechnikum in Zürich.

Die Widerstände, welche das Wasser bei seiner Bewegung durch die Canäle einer Voll-Turbine zu überwinden hat, sind schon vor einiger Zeit Gegenstand einer längeren, von mir angestellten, Versuchsreihe gewesen. Diese Versuche finden sich in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. XXIII, 1879, S. 459 bis 472 veröffentlicht. Aus denselben musste ich schliessen, dass die gebräuchliche Art der Einführung der Canalwiderstände in die Berechnung der Turbinen dem wirklichen Vorgange nicht entspricht. Namentlich zeigte sich die günstigste Eintrittsrichtung durchaus nicht parallel mit der Schaufeltangente an der Eintrittsseite. Die Abweichungen waren in einigen Fällen sogar sehr bedeutend, bis über 60°. Zu beiden Seiten dieser Richtung nahm der Widerstand zu, wenn auch nicht genau symmetrisch, doch so, dass man den Widerstandscoefficienten in Function der trigonometrischen Tangente des relativen Eintrittswinkels mit genügender Uebereinstimmung durch eine *Parabel* darstellen konnte. Ich habe es dort auch versucht, die gefundenen Beziehungen durch empirische Formeln darzustellen, habe aber den angegebenen Coefficienten und auch der Bauart der Formeln selbst kein zu grosses Gewicht beigelegt, weil ich die Versuche nur in sehr kleinem Maassstabe anstellen konnte und weil sich die Canäle nicht bewegten, die verschiedenen Eintrittsrichtungen vielmehr durch verschieden geneigte prismatische Einlaufcanäle erzeugt worden waren.

Unlängst wurde mir nun das Werk von *James B. Francis*: „Lowell hydraulic experiments" zugänglich. In demselben finden sich genaue Angaben über theilweise sehr umfassende Versuche an *drei* Voll-Turbinen. Dazu habe ich noch die bekannten im V. Bande (1861) der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure veröffentlichten Versuche genommen, welche *Hänel* an der von ihm construirten und nach ihm benannten Turbine in Rothenburg a. d. Saale durchgeführt hat. Andere ähnlich umfassende Versuche, deren Mittheilung auch von einer *vollständigen Zeichnung der Schaufelung der Turbine* begleitet ist, sind mir nicht bekannt. Es sind das also die einzigen Versuche, welche eine einigermassen sichere Berechnung des Canalwiderstandes gestatten. Diese Berechnung habe ich durchgeführt und dabei einige von den gewöhnlichen Angaben stark abweichende Ergebnisse gefunden.

Bei den untersuchten Radialturbinen waren die Schaufeltangenten am Austritt aus dem Leit- und Laufrade nicht parallel. Um die dadurch verursachte Contraction nicht nur abschätzen zu müssen, habe ich einen Contractionscoefficienten zu berechnen versucht. Dazu habe ich angenähert angenommen, dass in einem zur Schaufeltangente

Fig. 1.



AC, Fig. 1 und 2, normalen Querschnitte AB alle Geschwindigkeiten unter sich gleich sind, und zwar gleich c, sowie, dass alle ihre Richtungen nach demselben Punkte C convergiren. Die Länge AC ist mit m bezeichnet, die Neigung von c gegen AC mit φ. In einem Punkte D, der von A um

$$AD = x = m \, tang \, \varphi \tag{1}$$

absteht, ist dann die zu AB senkrechte Geschwindigkeitscomponente $u = c \cos \varphi$. Wenn ferner e die zur Zeichnungsebene normale Dimension des Canals bedeutet, so strömt aus einem Flächenelement von der Breite dx eine Wassermenge aus:

$$dQ = e \, dx \, u = eic \, \frac{m}{i} \, \frac{d\varphi}{\cos\varphi}. \tag{2}$$

Dieser Ausdruck ist zu integriren von $\varphi = 0$ bis $\varphi = arctang \, i/m$. Da aber die Contraction nie stark, m also stets gross gegenüber i ist, so kann man mit genügender Genauigkeit die obere Grenze $\varphi = i/m$ setzen. Dann wird zunächst

$$Q = eic \, \frac{m}{i} \, lognat \, \frac{1 + tang \, i/2m}{1 - tang \, i/2m}. \tag{3}$$

Wegen des grossen Werthes von m kann man hier wieder anstatt $tang \, i/2m$ einfach $i/2m$ setzen. Multiplicirt man dann noch Zähler und Nenner unter dem $lognat$ mit $1 + i/2m$, so kann man im Nenner $(i/2m)^2$ gegenüber 1 vernachlässigen und erhält in weiterer Annäherung:

$$Q = eic \, \frac{2m}{i} \, lognat \, \left(1 + \frac{i}{2m}\right). \tag{4}$$

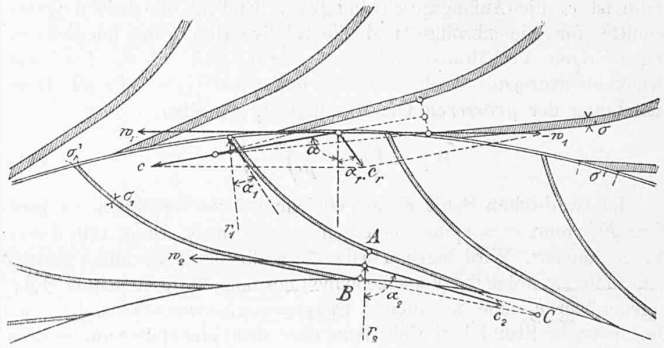
Sieht man nun c als die wirkliche mittlere constante Geschwindigkeit an, so wäre eic die Ausflussmenge ohne Contraction, und der Factor

$$\mu = \frac{2m}{i} \, lognat \, \left(1 + \frac{i}{2m}\right) \tag{5}$$

würde den *Contractionscoefficienten* vorstellen. In dieser Weise ist die Contraction beim Austritt aus dem Laufrade berücksichtigt worden. Als mittlere Richtung der Geschwindigkeit wurde die Verbindungslinie des Mittelpunktes von AB mit C in die Rechnung eingeführt.

Bei den Radialturbinen zeigte es sich noch nöthig, den Austrittsradius r_2 gleich dem Abstande dieses Mittelpunktes von der Drehaxe zu setzen. Der Versuch, r_2 gleich dem Radius nach dem äussersten Punkte der Schaufel, B, anzunehmen, ergab gelegentlich *negative* Werthe für den Widerstand im Laufradcanal. Die benutzte Anschauung ist auch jedenfalls desshalb die richtigere, weil sich der Druck des äusseren, umgebenden Wassers schon angenähert im Querschnitt AB eingestellt haben wird.

Fig. 2.



Für den Austritt aus dem Leitrade durfte dagegen nicht nach Gleichung 5 gerechnet werden. Bei sehr *schmalem Spalt* fällt nämlich der stärkst contrahirte Querschnitt schon in das Laufrad hinein. Dann dürfte es das Richtigste sein, den Austrittsquerschnitt aus dem Leitrade zu setzen gleich dem freien Umfange des Leitrades, vermindert um die Verengung durch die Schaufeln des Laufrades, und projicirt normal zu der wie vorhin bestimmten mittleren Richtung. Das gibt mit den Bezeichnungen der Fig. 2, wenn

Z die Anzahl der Schaufeln im Leitrade,
Z_1 dieselbe im Laufrade,
e die Radhöhe

bedeutet, für diesen Querschnitt bei *engem Spalt*

$$F = e \, (2 \, r_1 \, \pi \cos \alpha - Z \, \sigma') \left(1 - \frac{Z_1 \, \sigma_1'}{2 r_1 \, \pi}\right). \tag{6}$$

Der letzte Factor berücksichtigt die Verengung durch die Schaufeln des Laufrades. Er ist stets nur sehr wenig kleiner als die Einheit.

Ist der *Spalt* in Folge einer Ringschütze zwischen Leit- und Laufrad sehr *breit*, und ist die Schütze, wie gewöhnlich, gut abge-

*) Im Anschluss an die von andern wissenschaftlichen Zeitschriften angenommene Schreibweise werden in Zukunft *Brüche im Text* mit schrägem Bruchstrich (a/b) gesetzt.