

**Zeitschrift:** Die Eisenbahn = Le chemin de fer  
**Herausgeber:** A. Waldner  
**Band:** 14/15 (1881)  
**Heft:** 12

## **Inhaltsverzeichnis**

### **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:** 17.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://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 Stadtgenieur A. Bürkli-Ziegler und Linthingenieur Legler. — Württembergische Landes-Gewerbeausstellung zu Stuttgart 1881. Mit einer Tafel. — Neurologie: J. J. Tobler. — Revue: Regulirung der Temperatur des in Wasserleitungen circulirenden Wassers. — Vereinsnachrichten.

## Ueber den Canalwiderstand der Voll-Turbinen.\*)

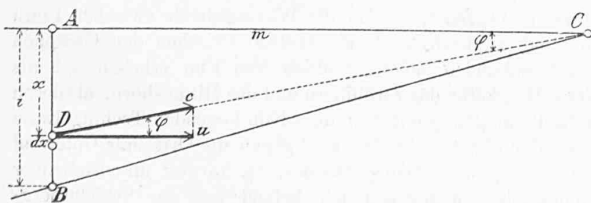
Von Albert Fliegner, Professor der theoretischen Maschinenlehre am eidgen. Polytechnikum in Zürich.

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  $\varphi$ . In einem Punkte D, der von A um

$$AD = x = m \tan \varphi \quad (1)$$

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

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:

$$dQ = e dx u = eic \frac{m}{i} \frac{d\varphi}{\cos \varphi}. \quad (2)$$

Dieser Ausdruck ist zu integrieren von  $\varphi = 0$  bis  $\varphi = \arctan i/m$ . 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

$$Q = eic \frac{m}{i} \log \tan \frac{1 + \tan i/2m}{1 - \tan i/2m}. \quad (3)$$

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

$$Q = eic \frac{2m}{i} \log \tan \left( 1 + \frac{i}{2m} \right). \quad (4)$$

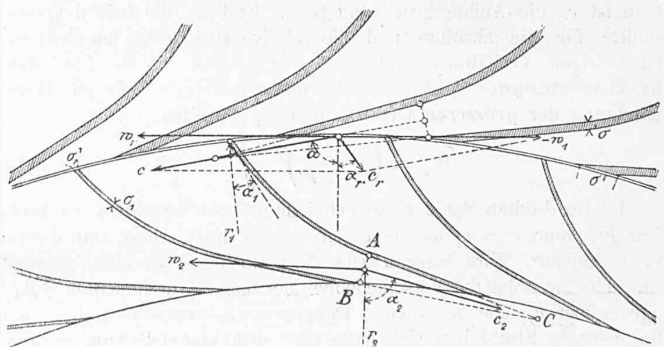
Sieht man nun  $c$  als die wirkliche mittlere constante Geschwindigkeit an, so wäre  $eic$  die Ausflussmenge ohne Contraction, und der Factor

$$\mu = \frac{2m}{i} \log \tan \left( 1 + \frac{i}{2m} \right) \quad (5)$$

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 Abstände dieses Mittelpunktes von der Drehaxe zu setzen. Der Versuch,  $r_2$  gleich dem Radius nach dem äusseren 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 stärkste contrahirte Querschnitt schon in das Laufrad hinein. Dann dürfte es das Richtige sein, den Austrittsquerschnitt aus dem Leitrade zu setzen gleich dem freien Umfange des Leitrades, vermindert um die Verengung durch die Schaufeln des Laufrades, und projectirt 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*

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

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-