

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 15

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Der Wirkungsgrad einer Wasserturbine bei veränderlichem Gefälle, veränderlichen Dimensionen und Temperatur des Betriebswassers, jedoch bei gleicher spezifischer Schnellläufigkeit. — Wettbewerb für ein suburbanes Sanatorium auf der Chrsichona bei Basel. — Von der schweizerischen Maschinenindustrie im Jahre 1932. — Nochmals zur Rapperswiler Seedamm-Frage. — Ueber die Frequenz der E. T. H.

1932/33. — Mitteilungen: Eidgen. Technische Hochschule. Der Biegeverband von Drahtseilen. Oelverdrängung in imprägnierten Faserstoffe. Dreigurt-Fachwerkbrücke in Beuthen, Oberschlesien. Erholungsheim in Scierne d'Albeuve, Greyerzerland. Kantonale Submissionsvorschriften. Kachelofen-Heizkessel. Kupferstichsammlung der E. T. H. — † Emil Bürgin. — Literatur.

Band 102

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verelnsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 15

Der Wirkungsgrad einer Wasserturbine bei veränderlichem Gefälle, veränderlichen Dimensionen und Temperatur des Betriebswassers, jedoch bei gleicher spezifischer Schnellläufigkeit.

Von Dr. Ing. R. GREGORIG, Assistent für Maschinenbau an der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

Es wird gezeigt, wie man in einfacher Weise den Wirkungsgrad der Modellturbine auf den der Ausführungsturbine aufwerten kann. Zur Bekräftigung der Rechnung werden einige Versuche herangezogen.

Die Notwendigkeit der Anstellung von Modellversuchen beim Projektieren grosser hydraulischer Anlagen zwingt uns zu einer Uebertragung der Versuchsergebnisse am Modell auf die Verhältnisse der Ausführung mittels einer Aehnlichkeitsbetrachtung. Diese Betrachtung befasst sich mit dem Vergleich der Trägheitskräfte zu den Feldkräften und vernachlässigt die Einflüsse der Zähigkeit des Wassers vollständig.

Mechanische Aehnlichkeit zwischen Ausführung und Modell besteht dann, wenn die Beziehung

$$\left(\frac{c_i}{\sqrt{2gH}}\right)_{\text{Modell}} = \left(\frac{c_i}{\sqrt{2gH}}\right)_{\text{Ausführung}} \quad \dots (1)$$

erfüllt ist, wo c_i eine beliebig gewählte Geschwindigkeit im Strömungssystem und H das Gefälle bedeutet. Dabei sind geometrisch ähnliche Strömungsräume vorausgesetzt.

Die Nichtberücksichtigung der Zähigkeit bei dieser Aehnlichkeitsbetrachtung hat Diskrepanzen zwischen den Messergebnissen am Modell und der Ausführung zur Folge. Wollte man die Einflüsse der Reibung bei den Modellversuchen auch berücksichtigen, dann müsste man dafür sorgen, dass die Reynolds'schen Zahlen auf einen beliebigen Zustandspunkt bezogen für die Modell- wie für die Ausführungsströmung die gleichen wären:

$$Re_{\text{Modell}} = Re_{\text{Ausführung}} \quad \dots (2)$$

Man kann die Reynolds'sche Zahl aus Gründen mechanischer Aehnlichkeit z. B. folgendermassen definieren:

$$Re = \frac{\sqrt{2gH} D_1}{\nu}; \quad \nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{\eta g}{\gamma}, \quad \dots (3)$$

wo H das Gefälle, g die Erdbeschleunigung, D_1 den Eintrittsdurchmesser der Turbine, ν die kinematische Zähigkeit, η die Zähigkeit und γ das spezifische Gewicht des Betriebswassers bedeuten.

Die Modelle sind in den meisten Fällen kleiner als die Ausführung, sodass man dafür sorgen muss, dass das Gefälle beim Modellversuch der Gleichung (2) entsprechend grösser oder die kinematische Zähigkeit ν der Versuchsflüssigkeit (Modellflüssigkeit) entsprechend kleiner gewählt wird. In den seltensten Fällen kann die Bedingung der Gleichung (2) beim Modellversuch erfüllt werden, sodass man einen andern Weg einschlagen muss. *Moody*¹⁾ und *Camerer*²⁾ haben eine Beziehung zwischen dem Wirkungsgrad der Ausführung und demjenigen des Modelles aufgestellt, jedoch sind die Aufstellungen nicht allgemein genug.

Der hydraulische Wirkungsgrad einer Turbine definiert sich (bei Vernachlässigung der kinetischen Zuflussenergie am Oberwasserspiegel) zu:

$$\eta_h = \frac{H - c_3^2/2g - H_v}{H} \quad \dots (4)$$

dabei ist c_3 die Austrittsgeschwindigkeit aus dem Saugrohr, H_v die sogenannte Verlusthöhe, welche wir

$$H_v = \lambda \frac{L}{D} \frac{c_2^2}{2g} \quad \dots (5)$$

mit $\lambda = \frac{\text{const.}}{\sqrt{K_e}}$ $\dots (6)$

definieren wollen. Die Beziehung gilt für turbulente Strömungen in geraden Rohren mit Kreisquerschnitt. Es ist eine bewusste Zumutung, einen derartigen Ansatz für die Druckverlusthöhe aufzustellen. Neben den Verlusten der Wandreibung wären noch Krümmerverluste zu berücksichtigen, was jedoch nicht auf einfache Art durchführbar ist.

Mit

$$c \sim \sqrt{2gH} \quad \dots (7)$$

schreibt sich (5) + (6) wegen Aehnlichkeit der Strömungsräume zu

$$H_v = \sqrt[4]{\frac{\text{const.}}{Re}} H = \sqrt[4]{\frac{\text{const.}}{D_1 \frac{\sqrt{H}}{\nu}}} H \quad \dots (8)$$

Der Ausdruck für H_v aus Gleichung (8) in die Gleichung (4) eingesetzt gibt

$$\eta_h = \frac{H - c_3^2/2g - \sqrt[4]{\frac{\text{const.}}{D_1 \frac{\sqrt{H}}{\nu}}} H}{H} \quad \dots (9)$$

oder mit

$$K_{c_3} = \frac{c_3}{\sqrt{2gH}} \quad \dots (10)$$

$$\eta_h = 1 - K_{c_3}^2 - \sqrt[4]{\frac{\text{const.}}{D_1 \frac{\sqrt{H}}{\nu}}} \quad \dots (11)$$

Für zwei ähnliche Turbinen, also Turbinen mit gleicher spezifischer Schnellläufigkeit, etwa das Modell und die Ausführung, die unter mechanisch ähnlichen Zuständen arbeiten, gilt

$$K_{c_3 \text{ Modell}} = K_{c_3 \text{ Ausführung}}$$

Somit erübrigt sich ein Unterscheiden der K_{c_3} -Grössen. Grössen, die sich auf das Modell beziehen, erhalten den Index „m“, die der Ausführung den Index „a“.

Somit schreiben sich folgende Gleichungen

$$\eta_{ha} = 1 - K_{c_3}^2 - \sqrt[4]{\frac{\text{(const.) } a}{D_{1a} \frac{\sqrt{H_a}}{\nu_a}}} \quad \dots (12)$$

$$\eta_{hm} = 1 - K_{c_3}^2 - \sqrt[4]{\frac{\text{(const.) } m}{D_{1m} \frac{\sqrt{H_m}}{\nu_m}}} \quad \dots (13)$$

wobei zu bemerken ist, dass die vorkommende Konstante aus Aehnlichkeitsgründen in beiden Fällen (dem der Ausführung, wie dem des Modelles) den gleichen Wert hat. Durch Elimination der erwähnten Konstanten aus den Gleichungen (12) und (13) ergibt sich die gewünschte Beziehung

$$\eta_{ha} = \psi(\eta_{hm}) \quad \dots (14)$$

zu

$$\eta_{ha} = (1 - K_{c_3}^2) - (1 - K_{c_3}^2 - \eta_{hm}) \sqrt[4]{\frac{\nu_a}{\nu_m} \frac{D_{1m}}{D_{1a}} \sqrt{\frac{H_m}{H_a}}} \quad \dots (15)$$

Da jedoch der totale Wirkungsgrad von Interesse ist, schreibt sich Gleichung (15) unter Berücksichtigung von

$$\eta_t = \eta_h \eta_{\text{mech}} \quad \dots (16)$$

zu

$$\eta_{ta} = \eta_{ma} \left[(1 - K_{c_3}^2) - (1 - K_{c_3}^2 - \frac{\eta_{tm}}{\eta_{ma}}) \sqrt[4]{\frac{\nu_a}{\nu_m} \frac{D_{1m}}{D_{1a}} \sqrt{\frac{H_m}{H_a}}} \right] \quad \dots (17)$$

worin η_{ma} den mechanischen Wirkungsgrad der Ausführung und η_{mm} den des Modelles bedeutet.

¹⁾ Turbines hydrauliques et régulateurs automatiques de vitesse, Livre I (von A. Tenot), S. 463.

²⁾ Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen, Aufl. 1914, S. 305.