

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **99/100 (1932)**

Heft 18

PDF erstellt am: **20.09.2024**

### **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: Untersuchung über die Grösse des Durchflusskoeffizienten von Venturidüsen. — Der junge Maschinen-Ingenieur in der Praxis. — Wettbewerb für ein Krematorium beim Friedhof Nordheim in Zürich. — Zum Uebergang der Rheinschiffahrt auf den Kempter Kanal. — Zur Ausstellung „Der neue Schulbau“ im Zürcher Kunstgewerbemuseum. — Korrespondenz. — Mitteilungen: Gewinnung und Verwendung von Graphit. Wasser-Enteisungsanlagen aus Eternit. Pumpenakkumu-

lierwerk Lac Blanc und Lac Noir, Vogesen. Eidgenössische Technische Hochschule. Die Fliegersiedlung Randolph-Field. „Maison de France“, Paris. Eine fahrbare Erd-Bohrmaschine. Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. — Nekrologe: Rudolf Zurlinden. — Wettbewerbe: Sekundarschulhaus Oberwinterthur. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 99

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

Nr. 18

## Untersuchung über die Grösse des Durchflusskoeffizienten von Venturidüsen.

Von Dipl. Ing. A. ENGLER, Betriebsdirektor der Nordostschweizerischen Kraftwerke A.-G. Baden.

Die Eichung der beim Kraftwerk Wäggital für die Betriebswassermessung in die Druckleitungen der Turbinen und Pumpen eingebauten Venturidüsen<sup>1)</sup> bot recht überraschende Resultate. Bei der Eichung der Pumpendüsen zeigte sich die interessante Abhängigkeit des Durchflusskoeffizienten von der Wassermenge und von der Grösse der Oeffnung des der Düse vorgebauten Drosselventils, bei der Eichung der Turbinendüsen überraschte der verhältnismässig kleine Wert des festgestellten Durchflusskoeffizienten, nachdem man bei diesen grosskalibrigen und glatt bearbeiteten Düsen einen nur ganz wenig von der Einheit abweichenden Wert erwartet hatte. Diese Resultate, wie auch die Mitteilung einer Reihe von weiteren Versuchsergebnissen durch die Firma Bopp & Reuther, boten die Veranlassung zu vorliegenden allgemeinen Untersuchungen über die Grösse des Durchflusskoeffizienten von Venturidüsen.

Diese Untersuchungen befassen sich nicht mit dem individuellen Verlauf des Durchflusskoeffizienten einer bestimmten Venturidüse, d. h. mit der Abhängigkeit des Durchflusskoeffizienten von der Durchflussmenge. Es ist ja allgemein bekannt, dass der Durchflusskoeffizient bei grösseren Wassermengen einem bestimmten konstanten Grenzwert zustrebt, der für die betreffende Düse charakteristisch ist, und dass der Koeffizient bei den kleinen Durchflussmengen, die für die Wassermessung in den meisten Fällen praktisch nicht mehr in Betracht fallen, stark abfällt. Im folgenden ist unter dem Durchflusskoeffizienten stets nur der erwähnte konstante Grenzwert verstanden, der für die praktische Wassermessung allein in Frage kommt.

Die Berechnung des Druckabfalles in einer Venturidüse stützt sich auf den Satz von Bernoulli, wonach die Summe der Energie der Lage, der Druckenergie und der kinetischen Energie in einem Querschnitt vor der Düse gleich ist der Summe dieser Energie in einem Querschnitt hinter der Düse plus der zwischen beiden Querschnitten infolge Reibung, Wirbelung usw. „verlorenen“ Energie.

$$h_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2}{2g} + \zeta \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g}$$

$\alpha$  = Verhältnis der wahren kinetischen Energie zur Energie der mittleren Geschwindigkeit.

$\zeta$  = Verlustkoeffizient.

Setzt man  $h_1 = h_2$  und  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ , so ist die Druckdifferenz zwischen den beiden Querschnitten vor und hinter der Düse

$$\Delta h = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \alpha \left( \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1}{2g} + \zeta \frac{v_2^2}{2g} \right) \\ = \alpha \frac{Q^2}{2g F_2^2} \left[ 1 - \left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2 + \zeta \right]$$

Daraus berechnet sich die Wassermenge zu

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\alpha \left[ 1 - \left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2 + \zeta \right]}} F_2 \sqrt{2g \Delta h}$$

Vernachlässigt man die ungleiche Geschwindigkeitsverteilung und die Strömungsverluste, d. h. setzt man  $\alpha = 1$  und  $\zeta = 0$ , so erhält man für reibungslose Flüssigkeit die theoretische Wassermenge:

$$Q_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2}} F_2 \sqrt{2g \Delta h}$$

<sup>1)</sup> Vergl. S. 86 und 107 lfd. Bandes (13./27. Februar 1932). Das Erscheinen des vorliegenden Aufsatzes ist mit Einverständnis des Autors bis nach Veröffentlichung des hier erwähnten zurückgelegt worden. Red.

Als Durchflusskoeffizient  $\mu$  bezeichnet man das Verhältnis der wirklichen Wassermenge zur theoretischen Wassermenge.

$$\mu = \frac{Q}{Q_0} = \frac{\sqrt{1 - \left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2}}{\sqrt{\alpha \left[ 1 - \left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2 + \zeta \right]}}$$

Für die Turbinendüse Rempen ist z. B.:

$$\left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2 = \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4 = \left( \frac{1,00}{1,45} \right)^4 = 0,226$$

Den Wert  $\alpha$  würde man zu höchstens 1,05 schätzen und den Wert  $\zeta$  zu 0,01. Daraus ergäbe sich ein Durchflusskoeffizient

$$\mu = \frac{\sqrt{1 - 0,226}}{\sqrt{1,05 (1 - 0,226 + 0,01)}} = \frac{\sqrt{0,774}}{\sqrt{1,05 \cdot 0,784}} = 0,97$$

Die Eichung ergab aber nur einen Wert von  $\mu = 0,897$ .

Dieser grosse Unterschied wurde erst durch den Einfluss des der Düse vorgebauten Krümmers zu erklären gesucht mit der Begründung, dass der vorgebaute Krümmer eine sehr ungleichmässige Strömung im Düseneintrittsquerschnitt bedinge und damit den Wert  $\alpha$  abnormal erhöhe und  $\mu$  vermindere. Nun hat aber inzwischen Ing. Hans Müller in seiner Dissertation nachgewiesen, dass Venturidüsen unmittelbar vorgebaute Krümmers auf den Durchflusskoeffizienten praktisch keinen Einfluss ausüben. Ing. Müller untersuchte im hydraulischen Institut der Techn. Hochschule München drei Venturimeter mit 101,4 mm Eintrittsdurchmesser und verschiedenen Austrittsdurchmessern sowohl bei Einbau in gerader Rohrleitung, als auch bei Einbau unmittelbar hinter einfachem und hinter doppeltem Krümmer und konnte keinen Einfluss von praktischer Bedeutung auf die Grösse des Durchflusskoeffizienten finden.

Der kleine Wert des Durchflusskoeffizienten kann also nicht auf einen abnormal grossen Wert  $\alpha$ , hervorgerufen durch die ungleiche Geschwindigkeitsverteilung infolge des Krümmers, zurückgeführt werden, da ja, wie die Versuche Müllers zeigen, der vorgebaute Krümmer ohne Einfluss auf die Grösse des Durchflusskoeffizienten ist. Hieraus müsste man schliessen, dass die Verluste in der Düse grösser sind, als man auf Grund der normalen Reibungsverluste berechnet. Um ein  $\mu = 0,897$  zu erhalten, müsste

$$\zeta = \left[ 1 - \left( \frac{F_2}{F_1} \right)^2 \right] \left( \frac{1}{\mu^2 \alpha} - 1 \right) = 0,141$$

werden statt 0,01, d. h. rd. 14 mal grösser als die normale Berechnung der Reibungsverluste ergibt, was äusserst unwahrscheinlich ist für eine glatt bearbeitete Düse.

Dass in einer Düse so grosse Verluste tatsächlich auch nicht auftreten, haben die Versuche an den Venturimetern des Kraftwerkes Vernayaz erwiesen. Nach Mitteilung der Firma Bopp & Reuther hat man dort durch Messungen festgestellt, dass der Verlust im ganzen Venturimeter (Düse und Auslaufkonus zusammen) beträchtlich kleiner ist als der Verlust, den man nach obiger Darstellung aus dem Durchflusskoeffizienten für die Düse allein berechnen würde.

Da also der kleine Wert des Durchflusskoeffizienten weder aus einem abnormalen Wert des Koeffizienten  $\alpha$ , noch des Koeffizienten  $\zeta$  zu erklären ist, bleibt nur noch die Vermutung übrig, es könnte der im einen oder andern oder in beiden Messquerschnitten gemessene Druck nicht der Annahme entsprechen, auf die sich die Berechnung der Wassermenge stützt.