

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Untersuchungen über den Energieverlust des Wassers in  
Turbinenkanälen**

**Oesterlin, Hermann**

**Berlin, 1903**

4. Kapitel. Anwendung der neuen Formel zur Berechnung des  
Energieverlustes bei Kanal III, IV, V und VII und allgemeine Betrachtung  
der Versuchsergebnisse

[urn:nbn:de:bsz:31-274039](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-274039)

#### 4. Kapitel.

### Anwendung der neuen Formel zur Berechnung des Energieverlustes bei Kanal III, IV, V und VII und allgemeine Betrachtung der Versuchsergebnisse.

Um die Richtigkeit der aufgestellten Formel noch weiter zu prüfen, wurden mit den Kanälen III, IV, V und VII Versuche ausgeführt (Tabelle 5, 6, 7 und 9) und gleichzeitig  $E_v$  für die Kanäle nach Gleichung 16 bestimmt (Tabelle 14, 15, 16 und 18). Die Resultate der Berechnung entsprechen den Ergebnissen des Versuches bei Kanal III, IV und VII. Bei Kanal V ist der wahre Energieverlust pro kg bedeutend größer als der berechnete, weil die hier durch Stauung (Druckkurve Tafel V) entstehenden Eintrittsverluste in der Formel unberücksichtigt bleiben. Der Kanal VII, bei dem die gleichen Vorgänge im Eintrittsquerschnitt entstehen, wurde deshalb erst von Querschnitt ab beim Versuch und in der Berechnung betrachtet. Dieser Kanal V unterscheidet sich auch dadurch von allen andern, daß bei ihm allein die Geschwindigkeit im Ausfluß auf der inneren Seite größer ist als außen, eine Ausnahme, welche mit der Verzögerung der mittleren Geschwindigkeit  $c_m$  beim Ausfließen zu erklären ist. Das Ende der inneren Schaufel steht nämlich (Tafel V) nicht parallel der Tangente, welche an die äußere Schaufel im Endpunkte gelegt werden kann, sondern es ist nach innen abgebogen, so daß eine Querschnittsvergrößerung und damit eine Verringerung der Geschwindigkeit eintritt.

Es war daher bei Kanal VII nicht nötig,  $E_{v_n}$  zu bestimmen, während dieser Wert bei den anderen Kanälen berechnet wurde; denn bei jenen findet man auch die Geschwindigkeitsverschiebung (wie oben) aus den negativen Druckhöhen, welche beim Versuch im Verlängerungsstück auf der Außenseite festgestellt wurden, und aus den im ausfließenden Strahl außen größer beobachteten Geschwindigkeiten.

---

Zum Schluß wollen wir nun noch einige Betrachtungen der Versuchsergebnisse im Zusammenhang mit den Schaufelformen anstellen.

Von Wichtigkeit ist der Vergleich der Versuche mit Kanal II und VI, denn er gewährt uns einen Einblick in den Einfluß der Krümmung. Der Versuch mit dem geraden Kanal VI ergibt einen Energieverlust  $E_v$  pro kg, der nur wenig größer ist als die Hälfte des Energie-

verlustes des gekrümmten Kanales IV bei gleicher mittlerer Länge. Die Krümmung macht sich also sehr bemerkbar. Auch auf rechnerischem Wege wurde der Energieverlust beim Kanal VI mittelst der ganzen Hagenschen Formel (Tabelle 17) bestimmt, indem der mittlere Durchmesser  $d = \frac{4F}{U}$  gesetzt wurde.

Weitere interessante Beobachtungen ergibt die Aufstellung des Wertes  $\zeta$  der Gleichung

$$E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$$

mit  $c_a$  = Ausflußgeschwindigkeit bei allen Kanälen (Tabelle 1 bis 9). Es folgt aus den Versuchen die Tatsache, daß die Annahme

$$\zeta = 0,05 \text{ bis } 0,1$$

bei normalen Turbinenkanälen berechtigt ist.

Die Verschiedenheit, die der Wert  $\zeta$  zwischen den Grenzwerten bei den einzelnen Kanälen zeigt, hängt besonders von der Wandflächenreibung ab. Diese Reibung wächst aber mit dem Quadrat der Geschwindigkeit und nimmt daher am Ende der Kanäle größere Werte an. Kanäle, bei welchen die Geschwindigkeit  $c_m$  schon weit vor dem Ende die Größe der Ausflußgeschwindigkeit fast erreicht, werden also große Verluste ergeben.

Es wurde daher bei Kanal V (Tafel V) eine Erweiterung des Kanales durch Vergrößerung von  $a$  vor dem Verlängerungsstück vorgenommen, und gleichzeitig der Kanal so konstruiert, daß seine mittlere Länge möglichst kurz wurde. Leider haben die oben erwähnten Störungen im Einfluß die Vorzüge dieses Kanales wieder aufgehoben, so daß der einfache mit nur 2 Kreisen und 2 Tangenten konstruierte Kanal IV bei ruhigem Einlauf des Wassers den besten Wirkungsgrad ergab.

Über den Einfluß geradliniger Verlängerungen an Turbinenkanälen kann aus den Versuchen direkt noch kein Urteil abgegeben werden, aber die Berechnung nach Gleichung 16) läßt erkennen, daß der Verlust, welcher durch Oberflächenreibung bei Einführung einer nicht zu langen geradlinigen Verlängerung entsteht, annähernd aufgehoben wird durch die dann eintretende Verringerung des Energieverlustes  $E_{v_s}$ . Denn bei geradliniger Verlängerung ist

$$\frac{u_i^2}{2g} = \frac{c_m^2}{2g} = \frac{u_a^2}{2g}$$

und somit nach obiger Berechnung  $E_{v_n}$  kleiner, als wenn

$$\frac{u_i^2}{2g} > \frac{c_m^2}{2g} > \frac{u_n^2}{2g}$$

ist wie bei Kanälen ohne solche Verlängerung.

Bei allen diesen Betrachtungen bleiben Einflüsse noch unberücksichtigt, welche die Wasserbewegungen bei im Betrieb befindlichen Turbinenkanälen sehr beeinträchtigen können, so die Rückwirkung der Laufradschaufeln auf den aus dem Leitkanal ausfließenden Strahl, dann der Widerstand durch Ablenkung beim Eintritt des Wassers in einen Kanal usw. Es bleibt also noch eine große Anzahl weiterer Versuche, die in dieser Richtung angestellt werden müssen, um eine größere Sicherheit bei der Berechnung des Wirkungsgrades von Turbinen zu erlangen.