

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

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

Oesterlin, Hermann

Berlin, 1903

Einleitung

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

Einleitung.

Der Energieverlust, welchen das Wasser beim Durchfluß durch Turbinenkanäle erleidet, wird zur Zeit in sehr verschiedener Weise berechnet.

Zunächst sind es die empirischen Formeln für Wasserreibung in Rohrleitungen, die hier zur Verwendung kommen¹⁾, und zwar zur Bestimmung des Leitungswiderstandes diejenige von Weisbach und Zeuner²⁾:

$$h = \zeta \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\zeta = 0,014312 + \frac{0,010327}{\sqrt{v}}$$

Dabei ist nach Grashof eine Umrechnung für konisch zulaufende Röhren von rechteckigem Querschnitt vorzunehmen. Zur Bestimmung des Krümmungswiderstandes wird dann eine weitere Weisbachsche Formel³⁾ für rechtwinkelig gekrümmte Kropfröhren mit rektangulärem Querschnitt

$$h = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad \zeta = 0,124 + 3,104 \left(\frac{a}{r} \right)^{\frac{7}{2}}$$

herangezogen mit Berücksichtigung der Veränderlichkeit des Krümmungshalbmessers, der Kanalweite und der Abweichung des Krümmungswinkels von dem rechten Winkel. Grashof macht hierzu die Bemerkung, daß bei größerer Zuverlässigkeit der Grundlage dieser Berechnung die Krümmungswiderstandshöhe

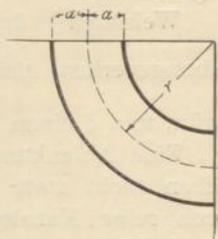


Fig. 1.

1) Grashof, Theoret. Maschinenlehre. Bd. III. § 33.

Meissner, Hydraulik. 2. Bd. I. Tl.

2) Weisbach, Ingenieur und Maschinenmechanik. Bd. I. § 455. S. 1015. Anm. 1.

Zeuner, Vorlesungen über die Theorie der Turbinen. § 5. S. 50.

3) Weisbach, Ingenieur und Maschinenmechanik. Bd. I. § 469.

$$h = \frac{1}{90^\circ} \int_0^{90^\circ} \left[0,124 + 3,104 \left(\frac{y}{2z} \right)^{3,5} \right] \frac{x^2}{2g} d\tau$$

gesetzt werden könnte, wenn x die Strömungsgeschwindigkeit, y die Kanalweite, z den Krümmungshalbmesser und $d\tau$ den Kontingenzwinkel angibt.

Redtenbacher¹⁾ nimmt den Verlust durch Reibung an den Kanalwänden $= \lambda \cdot \frac{f}{\Omega} \cdot u_1^2$ und wählt $\lambda = 0,00035$ bei $f =$ Summe der inneren Flächen sämtlicher Radkanäle und $\Omega =$ Summe der Querschnitte sämtlicher Radkanäle am äußeren Umfang der Fourneyron-Turbine. Mit einem Ausdruck μu^2 umfaßt er μ schätzungsweise berechneten Einfluß zufälliger Unregelmäßigkeiten in der Wasserbewegung.

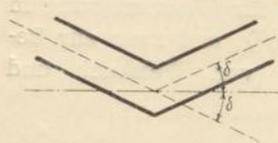


Fig. 2.

Auch für die Bestimmung des durch plötzliche Ablenkung hervorgerufenen Widerstandes beim Einlauf des Wassers in Turbinenkanäle wird das Resultat von Versuchen mit Knieröhren benutzt und die von Weisbach aufgestellte Formel eingeführt:

$$h = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad \zeta = 0,9457 \sin^2 \delta + 2,047 \sin^4 \delta \quad 2)$$

Da mit der Verwendung der genannten Gleichungen bei Turbinenkanälen eine große Unsicherheit verbunden ist, so lag es nahe direkte Versuche mit Turbinenkanälen auszuführen, um aus den Ergebnissen derselben eine sichere Grundlage zur Berechnung des Widerstandes aufzustellen. Bis jetzt wurden jedoch nur wenige solcher Versuche vorgenommen.

Weisbach³⁾ findet aus je 6 Versuchen mit 2 Kanälen, daß der Reibungsverlust gleich $\zeta \cdot \frac{c_2^2}{2g}$ ist, wenn c_2 die Austrittsgeschwindigkeit angibt, und ζ einen Wert zwischen 0,05 bis 0,1 annimmt.

Eine Ablenkung des Wassers beim Einlauf fand bei diesen Versuchen nicht statt; wir haben also in dem Verlust den Widerstand durch reine Kanalreibung und Krümmung. Der Reibungskoeffizient 0,05 bis 0,1 ist in vielen Turbinentheorien eingeführt (Brauer, Herrmann v. Reiche, Weisbach, Zeuner u. a.).

1) Redtenbacher, Theorie und Bau der Turbinen. 2. Aufl. S. 35.

2) Weisbach, Ing. u. Maschinenmechanik. Bd. I. § 468.
Brauer, Turbinentheorie. Kap. 3.
Zeuner, Theorie der Turbinen. § 4.

3) Polytechn. Zentralblatt. Jahrg. 1850. S. 129 u. f.

Ferner hat Fliegner¹⁾ eine große Anzahl von Versuchen mit 9 Kanälen bei verschiedener Eintrittsrichtung des Wassers angestellt und eine Tabelle für den Reibungskoeffizienten ζ bezogen auf die Austrittsgeschwindigkeit veröffentlicht. Da aber die Werte von ζ den Energieverlust beim Eintritt in den Turbinenkanal infolge Ablenkung und Querschnittsveränderung einerseits und andererseits die Widerstände durch Wasserreibung im Kanale und Krümmung der Kanäle umfassen, so ist es nicht möglich aus den gefundenen Werten einen Einblick in die beiden Arten des Verlustes getrennt zu erhalten. Auch wurden die Versuche ebenso wie die Weisbachschen in sehr kleinem Maßstabe ausgeführt.

In der vorliegenden Arbeit soll der Verlauf und das Ergebnis von Versuchen mit sieben wesentlich größeren Turbinenkanälen mitgeteilt werden, von denen zwei durch zahlreiche Piezometermessungen über die ganze Weite und Länge des Kanales einen genaueren Einblick in die Wasserbewegungen und Verluste im Kanal zulassen. Widerstände, die durch ungenauen Eintritt entstehen, kamen hier nicht in Betracht; nur der Einfluß der reinen Kanalreibung und Krümmung sollte beobachtet werden.

Die Anregung zu den nachstehenden Untersuchungen gab mir Herr Hofrat Professor Brauer zu Karlsruhe, dem ich an dieser Stelle für seine wertvollen Ratschläge, sowie für die gütige aus den Hilfsmitteln des mechanischen Laboratoriums der technischen Hochschule zu Karlsruhe gewährte Unterstützung meinen besten Dank ausspreche.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. d. Ing. Jahrg. 1879. S. 459 u. f.