Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 89/90 (1927)

Heft: 25

Inhaltsverzeichnis

Band 89. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 25**

Eine wirtschaftliche Wasserschlossform.

Von Dr. Ing. J. SCHÜLLER, Assistent an der Deutschen Technischen Hochschule, Prag.

Das Bestreben, raumsparende Wasserschlösser mit günstiger Schwingungsdämpfung zu schaffen, hat vom Schacht-Wasserschloss über das Wasserschloss des Zwei-Kammersystems zu den verschiedenen Formen der „gedämpften" Wasserschlösser nach Johnson's Differential-Prinzip [1]) geführt. Da die Baukosten dem Inhalt des Wasserschlosses nahezu proportial sind (für aufgelöste Wasserschlösser nur in weitern Grenzen geltend), war der leitende Gedanke der auf die *wirtschaftliche* Gestaltung zielenden Untersuchungen, die schwingungsdämpfende Wertigkeit der Raumeinheit zu verbessern [2]).

Bei Kammer-Wasserschlössern bedingen neben der Rücksicht, dass auch die im Schachte allein auftretenden Schwingungen gedämpft werden müssen, auch konstruktive Gründe einen endlichen Querschnitt für den Verbindungs-Schacht der beiden Kammern, gegenüber dem Querschnitt Null des idealisierten Kammerbassins. Da nun die Dämpfungswertigkeit im Schachte kleiner ist als in den Kammern, wird man zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Wasserschlosses mit dem Querschnitt des Schachtes bis an jenen herangehen, der die in ihm auftretenden endlichen Schwingungen noch wirksam dämpft.

Um die Grenze zu ziehen, wann der von D. Thoma [3]) für kleine Schwingungen hergeleitete Stabilitätsquerschnitt für endliche Schwingungen versagt, soll ein Abschätzungs-Verfahren entwickelt werden, das die Angabe des Dämpfungskriteriums für endliche Schwingungen gestattet. Als Folge dieser Untersuchungen soll weiter eine Wasserschlossform aufgezeigt werden, die die Vorteile des Kammersystems mit denen des Schachtwasserschlosses verknüpft und neben wesentlicher Raumersparnis auch eine Verbesserung der Energiebilanz ergibt [4]).

Das Abschätzungsverfahren.

Für die Betrachtungen soll von der Differentialgleichung

$$s^{\cdot\cdot} + \varphi_{(t)} s^{\cdot} + \psi_{(t)} s = 0 \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$

ausgegangen werden, in der $s^{\cdot\cdot}$, $s^{\cdot}$ die zweite und erste Ableitung nach der Zeit, $\varphi_{(t)}$ und $\psi_{(t)}$ zeitveränderliche Koeffizienten bedeuten, die nur in mässigen Grenzen schwanken. Die Gleichung (1) stellt also die Bewegungs-Gleichung eines mit zeitveränderlicher Reibung schwingenden Systems dar, das nach der physikalischen Anschauung dann gedämpfte Schwingungen ausführt, wenn die Koeffizienten $\varphi_{(t)}$ und $\psi_{(t)}$ im ganzen Verlaufe der Schwingung positiv bleiben. Dieses Verfahren auf die Schwingungs-Gleichung im Wasserschloss angewendet, gibt das Dämpfungskriterium für endliche Schwingungsweiten, wie im folgenden gezeigt werden soll.

Die Ausgangsgleichungen.

Die Bewegungsgleichung des für die wasserbauliche Praxis wichtigsten Falles der Regelung auf *konstante Leistung* C ergibt sich mit den Bezeichnungen der Abbildung 1 aus der Durchflussgleichung

$$Q = vf + F\frac{dz}{dt} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

der Beschleunigungsgleichung

$$\frac{L}{g}\frac{dv}{dt} = z - k v^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

in Verbindung mit der Reglergleichung

$$C = Q(H_0 - z) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

worin H_0 das Gesamtgefälle bedeutet, mit

$$\frac{d^2z}{dt^2} - \frac{kgF}{fL}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 + \frac{dz}{dt}\left[\frac{2kgC}{Lf(H_0 - z)} - \frac{C}{F(H_0 - z)^2}\right] + \frac{gf}{LF}z = \frac{kC^2g}{LFf(H_0 - z)^2} \quad . \; . \; . \; . \quad (5)$$

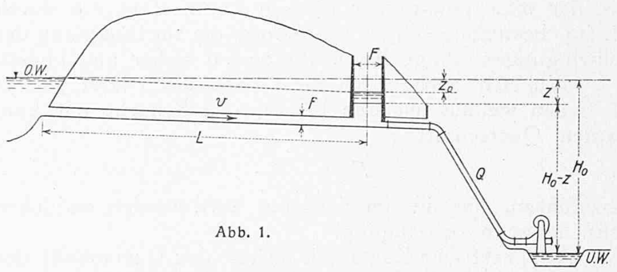

Abb. 1.

Um Gleichung (5) auf die Form der Gleichung (1) zu bringen, wird das Störungsglied durch die bekannte Axen-Transformation mit $z = z_0 + s$ beseitigt, wobei z_0 den Abstand der Schwingungsaxe vom Weiherspiegel bedeutet. Damit ergibt sich unter Vernachlässigung der Glieder in s von höhern als zweiter Ordnung

$$\frac{d^2s}{dt^2} - \frac{kgF}{fL}\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 + \frac{ds}{dt}\left[\frac{2kCg}{Lf(H_0 - z_0 - s)} - \frac{C}{F(H_0 - z_0 - s)^2}\right] + s\left[\frac{gf}{LF} - \frac{kC^2g}{LFf(H_0 - z_0)^2}\left(\frac{2}{H_0 - z_0} + \frac{s}{(H_0 - z_0)^2}\right)\right] = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Wendet man nun auf diese Differentialgleichung das Abschätzungs-Verfahren an, so ist als erste Stabilitäts-Bedingung der Koeffizient von s im ganzen Verlaufe der Schwingung grösser als Null zu setzen,

$$f - \frac{kC^2[2(H_0 - z_0) + s]}{f(H_0 - z_0)^4} > 0$$

woraus sich ergibt:

$$C < \frac{f(H_0 - z_0)^2}{\sqrt{k[2(H_0 - z_0) + s]}} \quad . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Aus Gl. (7) ergibt sich für den ungünstigsten Wert der Schwingungsweite, der überhaupt auftreten kann, mit $s = H_0 - z_0$ in Verbindung mit der Reglergleichung

$$z_0 < H_0/4 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

d. h. den *Grenzwert* der Leistungsentnahme für *dämpfungssichere endliche* Schwingungen gibt jene Leistung, bei deren Entnahme im Dauerbetrieb das Reibungsgefälle $H_0/4$ beträgt.

Für kleine Schwingungen ergibt sich der bekannte Grenzwert der Leistung aus Gleichung (7) mit $s = 0$ zu

$$z_0 < H_0/3$$

Aus dem zweiten und dritten Gliede der Gleichung (6) folgt als zweite Stabilitätsbedingung:

$$\left[\frac{2kCg}{Lf(H_0 - z)} - \frac{C}{F(H_0 - z)^2} - \frac{kgF}{fL}\frac{ds}{dt}\right] > 0$$

woraus mit Einführung des Wertes für ds/dt aus Gl. (2) als hinreichende Bedingung gedämpfter Schwingungen folgt:

---

[1]) „Eng. Rec.", 1915/I, Band 71, Seite 368.

[2]) F. Vogt, Berechnung und Konstruktion des Wasserschlosses, Stuttgart 1923.

[3]) D. Thoma, Zur Theorie des Wasserschlosses bei selbsttätig geregelten Turbinenanlagen, München 1910.

[4]) Ueber Stabilitätsfragen bei endlichen Schwingungen und Konstruktionsgrundsätze zur wirtschaftlichen Formgebung von Wasserschlössern wird in einer zusammenfassenden Arbeit des Verfassers, die demnächst erscheinen wird, ausführlich berichtet.