Ueber Ausgleichbecken mit oberhalb liegendem Ueberfall bei Wasserkraftanlagen

Autor(en): **Müller, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85/86 (1925)**

Heft 21

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-40128

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

erhält man nach Einsetzen von X und Y

$$x^{\cdot\cdot} = -\frac{2g}{\delta}\left[x - \frac{y}{\operatorname{tg} 2\varphi}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

$$y^{\cdot\cdot} = -\frac{\psi g}{\delta}\left[\frac{x}{\operatorname{tg}\varphi} + y\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7a)$$

Um die Stabilität des Gleichgewichtes zu untersuchen, setzen wir für x und y

$$x = A e^{\lambda t} \qquad y = B e^{\lambda t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

was auf die Gleichungen

$$\left(x^2 \frac{\delta}{g} + 2\right) A - \frac{2}{\operatorname{tg} 2\varphi} B = 0$$

$$+ \frac{\psi A}{\varphi \delta} + \left(\lambda^2 \frac{\delta}{g} + \psi\right) B = 0$$

führt, und durch Nullsetzung der Determinante ihrer Koeffizienten die Bestimmungsgleichung

$$\lambda^4 \left(\frac{\delta}{g}\right)^2 + (2 + \psi)\, \lambda^2 \frac{\delta}{g} + \frac{\psi}{\sin^2 \varphi} = 0 \quad . \quad . \quad (9)$$

ergibt. Die Auflösung lautet

$$\lambda^2 \left(\frac{\delta}{g}\right) = -\left(1 + \frac{\psi}{2}\right) \pm \sqrt{\left(1 + \frac{\psi}{2}\right)^2 - \frac{\psi}{\sin^2 \varphi}} \quad (10)$$

Ist die Wurzel reell, so ergeben sich zwei negative Werte für λ^2, also nach Gl. (8) zwei harmonische Eigenschwingungen, die zugleich die *kritischen Störungsfrequenzen* von aussen wirkender, periodischer Kräfte darstellen. Setzt man $\lambda = 2\pi N i$, so liefert die Gl. (10) für diese kritische Frequenz:

$$N^2 = \frac{g}{4\pi^2 \delta}\left[1 + \frac{\psi}{2} \mp \sqrt{\left(1 + \frac{\psi}{2}\right)^2 - \frac{\psi}{\sin^2 \varphi}}\right] \quad (11)$$

Ist die Wurzel in Gl. (10) imaginär, so stellt sich λ^2 in der Form $-a \pm b i$ dar, und man erkennt, dass die Quadratwurzel hieraus jedenfalls *einen* Ausdruck $\alpha + \beta i$ mit positivem α ergibt, was gemäss Gl. (8) *Instabilität* der Gleichgewichter bedeutet. Die Bedingung für Stabilität lautet also

$$1 + \frac{\psi}{2} > \frac{\sqrt{\psi}}{\sin \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Eine *eigentliche kritische Drehzahl* entsteht, wenn die störende Kraft von der Fliehkraft nicht ausgeglichener Massen oder von Kupplungstössen herstammt, d. h. wenn die Frequenz der Störung ein Vielfaches der Winkelgeschwindigkeit oder $\lambda i = \nu \omega$, wo $\nu = 1, 2, 3 \ldots$ wird. Nach Einsetzen dieser Werte lehrt Gleichung (9), die graphisch zu lösen sein würde, welches die verschiedenen Drehzahlen sind.

Im Gange befindliche Versuche im Maschinen-Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule werden erweisen, ob und inwiefern die eingeführten Vereinfachungen der Theorie im Stande sind, die Erscheinungen mit für die Praxis genügender Genauigkeit zu beschreiben. Auf die Verhältnisse bei elastischer Welle behalte ich mir vor zurückzukommen.

Ueber Ausgleichbecken mit oberhalb liegendem Ueberfall bei Wasserkraftanlagen.

Von Ing. A. MÜLLER in Bern, Sektionschef beim Oberingenieur für Elektrifizierung der S. B. B.

Bei einer Wasserkraftanlage mit langem Zuleitung-Stollen (bezw. -Kanal) und Tages-Ausgleichbecken wird es immer vorteilhaft sein, dieses möglichst weit unterhalb der Wasserfassung anzulegen. Es wird dadurch erreicht, dass der Zuleitungstollen bis zum Ausgleichbecken nur für die höchste durchschnittliche Tageswassermenge bemessen werden muss, während dagegen das noch verbleibende Stollenstück vom Ausgleichbecken bis zur Druckleitung für die grösste Spitzenwassermenge zu berechnen ist. Ausserdem ergibt sich der Vorteil, dass der Zuleitungstollen bis zum Ausgleichbecken als Freispiegelstollen gebaut werden kann, wenn in der Nähe des Ausgleichbeckens ein Ueberfall angeordnet ist. Die Breite dieses Ueberfalles wird man möglichst gross annehmen, um die Umfassungsmauer des Ausgleichbeckens nicht übermässig erhöhen zu müssen.

Im nachstehenden soll nun an einem *Beispiel* gezeigt werden, wie in einem solchen Falle auf graphischem Wege in einfacher Weise der jeweilige Wasserzufluss ins Ausgleichbecken, bezw. der Abfluss über den Ueberfall, sowie die Füllzeit bestimmt werden können.

Der Ueberfall liege 820 m oberhalb des Ausgleichbeckens (Abb. 1). Der Verbindungskanal zwischen Ueberfall und Ausgleichbecken bestehe aus einem 500 m langen Stollen von 2,2 ‰ Sohlengefälle, 2 m Breite und 2,30 m Höhe und einem anschliessenden, offenen, rechteckigen Kanal von gleichem Sohlengefälle und 1,90 m Breite. Der Rauhigkeitskoeffizient des Verbindungskanals sei 0,0125 nach Ganguillet und Kutter, die Ueberfallbreite 26 m, die höchste Wasserführung des Zulaufkanals 8 m³/sek, für welche Wassermenge das Beispiel durchgerechnet ist.

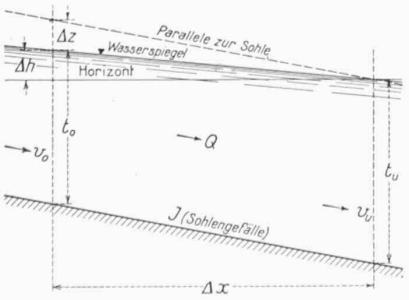

Abb. 3.

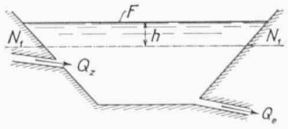

Abb. 4.

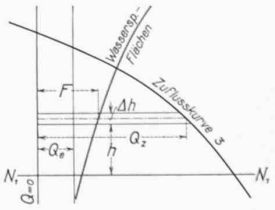

Abb. 5.

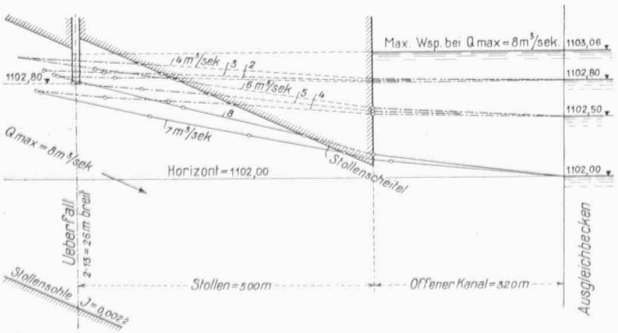

Abb. 1. Längenprofil zwischen Ueberfall und Ausgleichbecken, mit Staukurven für verschiedene Wasserspiegel-Lagen, 200-fach überhöht.

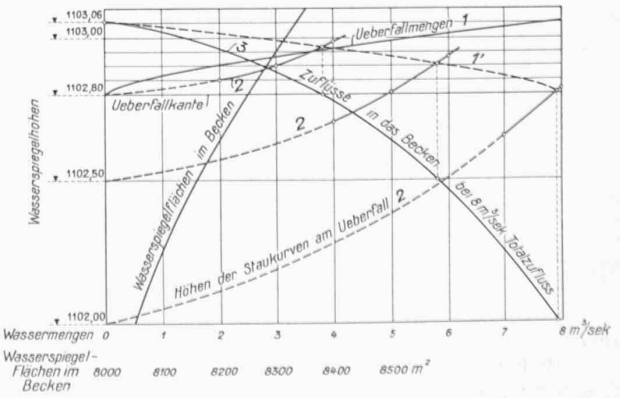

Abb. 2. Wassermengen und Höhen der Staukurven am Ueberfall, sowie Wasserspiegelflächen im Staubecken bei verschiedenen Wasserspiegelhöhen.

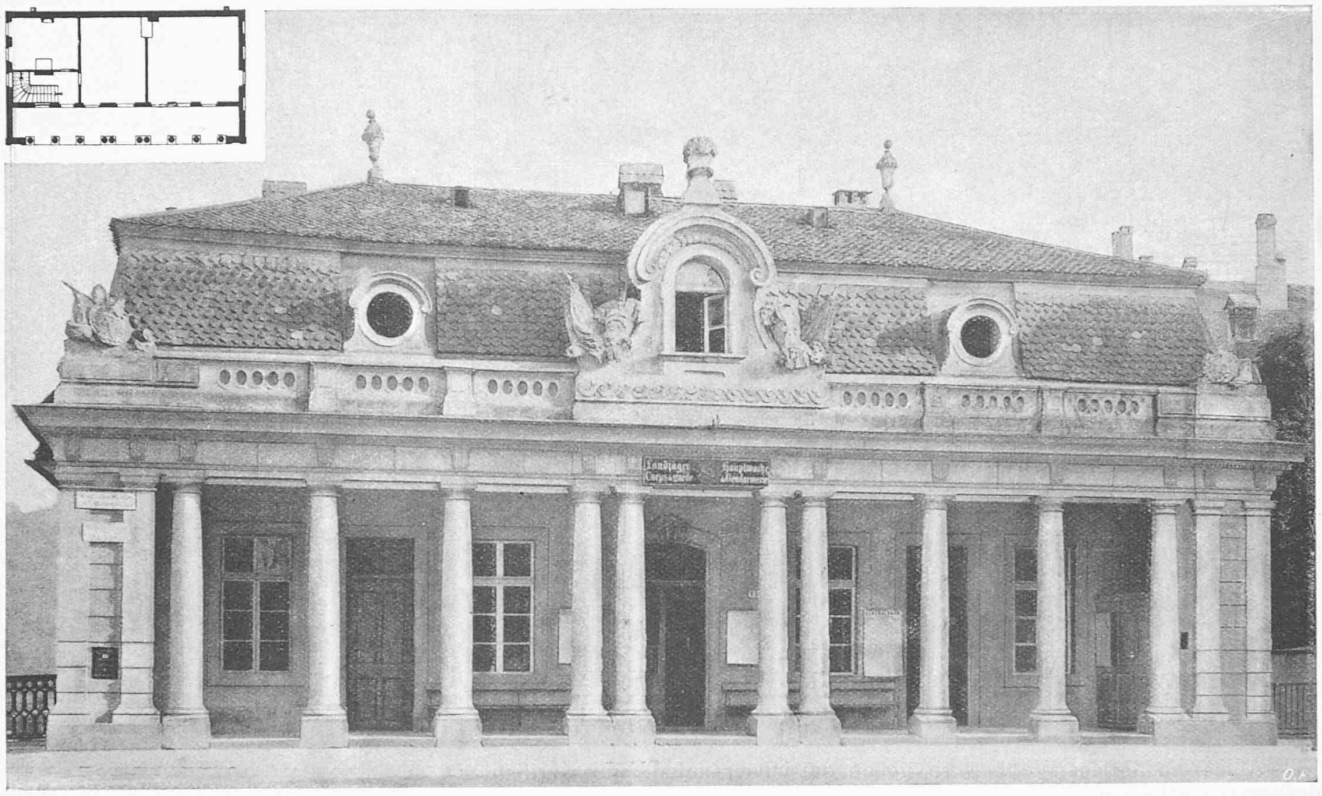

Abb. 1. Ehemalige Landjäger-Hauptwache in Bern. Erbaut 1767 durch Arch. Niklaus Sprüngli; vergl. S. 268. (Cliché „Bürgerhaus", Bern II.)

a. Bestimmung der Zuflusskurve.

In Abbildung 2 wird vorerst Kurve 1 der Ueberfallmengen nach der Formel $Q = 2/3\,\mu b\,h\sqrt{2gh}$ für variable h aufgetragen. Sodann werden die Kurven 2 konstruiert, die für bestimmte Wasserspiegellagen im Becken und variable Zuflüsse in dieses die Höhen der Staukurven am Ueberfall darstellen. Es müssen hierzu einige Staukurven berechnet werden, deren Berechnung erfolgen kann nach der allgemeinen Gleichung der Staukurve

$$\Delta x = \left(\Delta h - \frac{v_u^2 - v_0^2}{2g}\right) \frac{F^3 c^2}{Q^2 p}$$

oder nach der für den vorliegenden Fall besser dienenden Schreibweise

$$\Delta x = \left(\Delta z + \frac{v_u^2 - v_0^2}{2g}\right) \frac{1}{J - \frac{Q^2 p}{F^3 c^2}}$$

Die Bezeichnungen gehen aus Abbildung 3 hervor. F bezw. p sind die Mittelwerte des Wasserquerschnittes bezw. des benetzten Umfanges, Q die Wassermenge, c der Koeffizient der allgemeinen Geschwindigkeitsformel.

Aus den Kurven 2 ist umgekehrt für beliebige Wasserspiegellagen am Ueberfall, bei gegebenen Wasserspiegellagen im Becken, ersichtlich, wieviel Wasser dem Becken zufliesst. Anderseits gibt die Kurve 1 die Wassermengen an, die über den Ueberfall abfliessen. Gesucht werden nun vorerst diejenigen Wasserspiegellagen am Ueberfall, für die die Summen der dem Becken zufliessenden und über den Ueberfall abfliessenden Wassermengen die im Zuleitung-Stollen abfliessende Wassermenge, in unserem Beispiel 8 m³/sek ergeben. Dies kann auf einfachste Weise geschehen, indem von der Ordinate $Q = 8$ m³/sek aus die Kurve 1′ als Spiegelbild der Kurve 1 aufgetragen wird. Die Schnittpunkte dieser Kurve mit den Kurven 2 ergeben die gesuchten Wasserspiegellagen am Ueberfall bezw. die dem Becken zufliessenden und über den Ueberfall abfliessenden Teilwassermengen. Werden diese Punkte auf die den Kurven 2 zugeordneten Wasserspiegellagen des Beckens herunterprojiziert, so entsteht *die Kurve 3, die nun für jede beliebige Wasserspiegellage im Becken den Zufluss ins Becken bezw. den Abfluss über den Ueberfall, bei gegebenem Totalzufluss, darstellt.* Für andere Werte des Totalzuflusses lassen sich die Zuflusskurven ins Becken leicht konstruieren, indem, wie im gezeigten Beispiel, die Schnittpunkte der entsprechend angesetzten Kurve 1′ mit den Kurven 2 ermittelt und auf die Wasserspiellagen des Beckens übertragen werden.

b. Ermittelung der Füllzeit.

In Abbildung 4 bedeute N_1-N_1 die Wasserspiegellage im Becken, bei der bei gegebenem Totalzufluss der Ueberfall in Tätigkeit trete. Die Füllzeit bis zu diesem Zeitpunkte soll hier nicht weiter behandelt werden, da sie sich in einfachster Weise aus Beckeninhalt unterhalb des Niveaus N_1-N_1 und Totalzufluss ergibt.

Für eine beliebige Wasserspiegellage im Abstand h oberhalb N_1-N_1 ist die dem Becken noch zufliessende Wassermenge durch die Kurve 3 in Abb. 2 gegeben. Sie werde mit Q_z und die zugehörige Wasserspiegelfläche mit F bezeichnet.

In einem kurzen Zeitintervall Δt nimmt der Beckeninhalt zu um

$$Q_z\,\Delta t = F\,\Delta h$$

woraus

$$\Delta t = \frac{F\,\Delta h}{Q_z}$$

und

$$t = \sum \frac{F\,\Delta h}{Q_z}$$

Findet gleichzeitig aus dem Becken noch eine Entnahme Q_e statt, so ergibt sich die Füllzeit zu

$$t = \sum \frac{F\,\Delta h}{Q_z - Q_e}$$

Zur Ermittlung der Produkte $F\,\Delta h$ ist es zweckmässig, die Kurve der Wasserspiegelflächen sowie die Entnahme Q_e im Diagramm Abb. 2 aufzutragen. Es können dann alle Faktoren hinter dem Summenzeichen diesem Diagramm direkt entnommen und die Füllzeiten durch Summation ermittelt werden. In der schematischen Darstellung Abb. 5 sind die hierzu erforderlichen Elemente noch besonders angegeben.

Bern, im November 1924.