

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	85/86 (1925)
<b>Heft:</b>	21
<b>Artikel:</b>	Ueber Ausgleichbecken mit oberhalb liegendem Ueberfall bei Wasserkraftanlagen
<b>Autor:</b>	Müller, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-40128">https://doi.org/10.5169/seals-40128</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

erhält man nach Einsetzen von  $X$  und  $Y$

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

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

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

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

was auf die Gleichungen

$$\begin{aligned} \left( x^2 \frac{\delta}{g} + 2 \right) A - \frac{2}{\operatorname{tg} 2\varphi} B &= 0 \\ + \frac{\psi A}{\varphi \delta} + \left( \lambda^2 \frac{\delta}{g} + \psi \right) B &= 0 \end{aligned}$$

führt, und durch Nullsetzung der Determinante ihrer Koeffizienten die Bestimmungsgleichung

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

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  $\lambda^2$ , also nach Gl. (8) zwei harmonische Eigenschwingungen, die zugleich die *kritischen Störungsfrequenzen* von aussen wirkender, periodischer Kräfte darstellen. Setzt man  $\lambda = 2\pi Ni$ , 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  $\lambda^2$  in der Form  $-a \pm bi$  dar, und man erkennt, dass die Quadratwurzel hieraus jedenfalls einen Ausdruck  $a + bi$  mit positivem  $a$  ergibt, was gemäss Gl. (8) Instabilität der Gleichgewichter bedeutet. Die Bedingung für Stabilität lautet also

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

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  $\lambda i = r\omega$ , wo  $r = 1, 2, 3 \dots$  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 Zuleitungsstollen (bezw. Kanal) und Tages-Ausgleichbecken wird es immer vorteilhaft sein, dieses möglichst weit unterhalb der Wasserfassung anzulegen. Es wird dadurch erreicht, dass der Zuleitungsstollen 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 Zuleitungsstollen 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, bzw. 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/sec, für welche Wassermenge das Beispiel durchgerechnet ist.

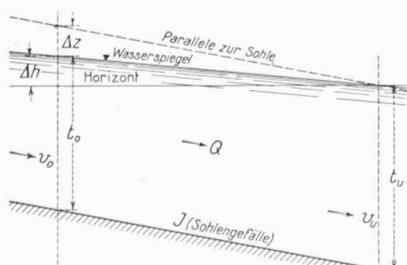


Abb. 3.

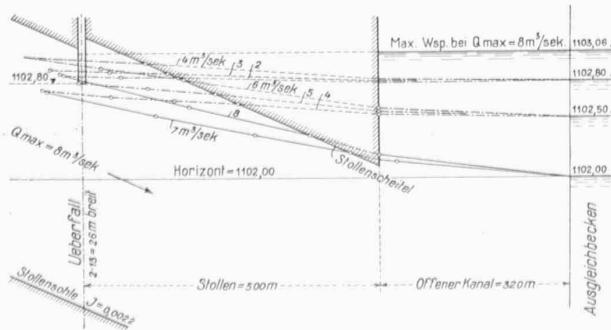


Abb. 1. Längenprofil zwischen Ueberfall und Ausgleichbecken, mit Staukurven für verschiedene Wasserspiegel-Lagen, 200-fach überhöht.

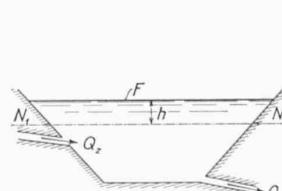


Abb. 4.

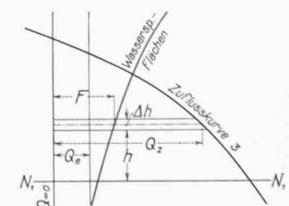


Abb. 5.

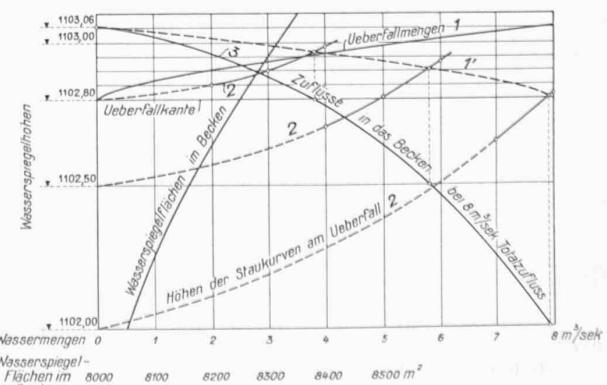


Abb. 2. Wassermengen und Höhen der Staukurven am Ueberfall, sowie Wasserspiegelflächen im Staubecken bei verschiedenen Wasserspiegelhöhen.

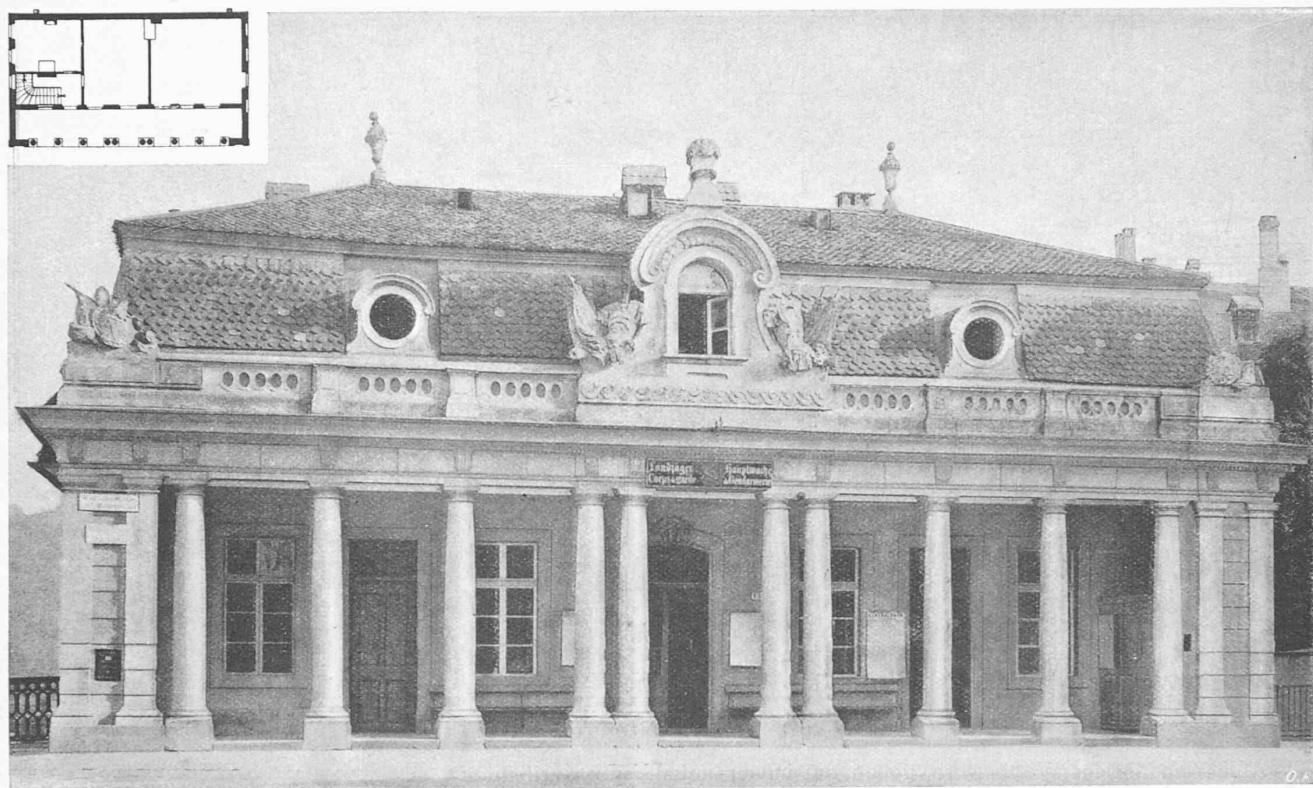


Abb. 1. Ehemalige Landjäger-Hauptwache in Bern. Erbaut 1767 durch Arch. Niklaus Sprüngli; vergl. S. 268. (Cliché „Bürgerhaus“, Bern II.)

### a. Bestimmung der Zuflusskurve.

In Abbildung 2 wird vorerst Kurve 1 der Ueberfallmengen nach der Formel  $Q = 2/3 \mu b h V_2 g h$  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

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

oder nach der für den vorliegenden Fall besser dienenden Schreibweise

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

Die Bezeichnungen gehen aus Abbildung 3 hervor.  $F$  bzw.  $\rho$  sind die Mittelwerte des Wasserquerschnittes bzw. 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 Wasserspiegelagen 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  $8 \text{ m}^3/\text{sek}$  ergeben. Dies kann auf einfachste Weise geschehen, indem von der Ordinate  $Q = 8 \text{ m}^3/\text{sek}$  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 bzw. 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 bzw. den Abfluss über den Ueberfall, bei gegebenem Total-

zufluss, 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 Wasserspiegelagen des Beckens übertragen werden.

### b. Ermittlung der Füllzeit.

In Abbildung 4 bedeute  $N_1 - N_1'$  die Wasserspiegelage 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 Wasserspiegelage 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  $\Delta t$  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.