

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 77/78 (1921)  
**Heft:** 11

## Inhaltsverzeichnis

### 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:** 12.12.2025

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

INHALT: Ueber graphische Behandlung von Wasserschlossproblemen. — Unterirdische Brücke zur Ueberführung von Rohrleitungen über einen Eisenbahntunnel. — Ideen-Wettbewerb für einen Bebauungsplan der Stadt Aarberg. — Soldatendenkmal in Langnau im Emmental. — Der Segelflug der Vögel und die Möglichkeit einer künstlichen Nachahmung. — Miscellanea: Auspuffuntersuchungen an Automobilen. Chemisch-physikalischer Kurs für Gasingenieure an der E. T. H. Vermessung der Welt mittels draht-

loser Telegraphie. Normalien des Vereins Schweizerischer Maschinenindustrieller. Vom Panamakanal. Aufzuganlage mit Fernsteuerung. — Konkurrenzen: Bebauungsplan für die Stadt Lille. Gussbetonhäuser. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Maschineningenieur-Gruppe Zürich der G. E. P. Stellenvermittlung.

Band 77. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 11.

### Ueber graphische Behandlung von Wasserschlossproblemen.

Von Dr. E. Braun, Darmstadt.

Der Behandlung der für die Praxis sehr wichtigen Wasserschloss-Probleme sind in der „Schweiz. Bauzeitung“ mehrfach Abhandlungen gewidmet worden. Die grundlegende und umfassende Arbeit von Prof. Dr. F. Prášil<sup>1)</sup> bedient sich im wesentlichen analytischer Methoden. Bei der analytischen Behandlung macht aber das den tatsächlichen Verhältnissen sehr nahe kommende quadratische Widerstandsgesetz für die Reibungsverluste in Druckstollen, abgesehen von Sonderfällen<sup>2)</sup>, Schwierigkeiten. Sofern man nicht ein lineares Widerstandsgesetz als Näherung verwenden will, das namentlich hinsichtlich der Dämpfung der Schwingungen völlig befriedigende Ergebnisse nicht geben kann, ist man auf die umständliche Rechnung mit kleinen Differenzen<sup>3)</sup> angewiesen. Dem Ingenieur liegt bei dieser Sachlage die graphische Behandlung einschlägiger Aufgaben nahe. Der Versuch einer solchen graphischen Lösung wird im folgenden gegeben.

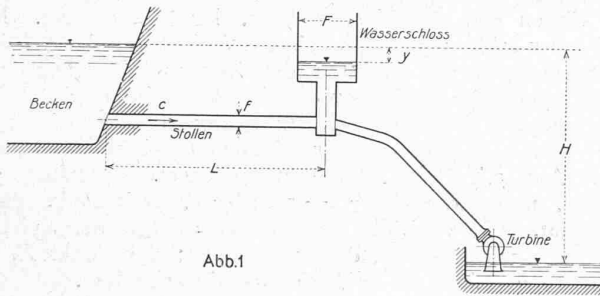


Abb. 1

Die Sachlage zeigt Abbildung 1. Für die beschleunigte Bewegung im Stollen gilt mit den Bezeichnungen dieser Figur:

$$\frac{L}{g} \frac{dc}{dt} = y - h_w \dots (1)$$

Darin ist  $g$  die Beschleunigung der Schwere,  $h_w$  der gesamte Druckhöhenverlust bei der Bewegung des Wassers vom Becken, dessen Spiegel als unveränderlich angenommen wird, bis ins Wasserschloss. Meist kann genügend genau gesetzt werden:  $h_w = Rc^2$ , wobei aber zu beachten ist, dass bei der Umkehr der Geschwindigkeitsrichtung im Stollen sich auch das Vorzeichen von  $Rc^2$  ändert, also zu setzen ist:

$$h_w = \pm Rc^2 \text{ je nachdem } c > 0 \text{ ist.}$$

Die von der Turbinenanlage verbrauchte Wassermenge sei  $Q_a$ . Dann erfordert die Kontinuität:

$$F \frac{dy}{dt} = Q_a - fc \dots (2)$$

Zu den beiden Grundgleichungen (1) und (2) tritt weiter noch das Gesetz, nach dem sich  $Q_a$  ändert. In den meisten Fällen ist  $Q_a$  eine Funktion der Zeit  $t$  oder der Spiegelsenkung  $y$  oder auch beider Grössen  $t$  und  $y$ . In andern Fällen besteht zwischen  $Q_a$  und  $t, y, c$  eine mehr oder weniger einfache Differentialgleichung.

Die analytische Verfolgung der bei Aenderung eines Beharrungszustandes auftretenden Schwingungsvorgänge ist meist nicht einfach, vielfach sogar, wenn man sich nicht mit verhältnismässig rohen Näherungen begnügen will,

<sup>1)</sup> F. Prášil: «Schweiz. Bauztg.», Band LII, S. 271 u. ff. (Nov. und Dez. 1908).

<sup>2)</sup> Ph. Forchheimer, Z. d. V. D. I. 1913 und Hydraulik 1914, S. 353.

<sup>3)</sup> K. Pressel, «Schweiz. Bauztg.», Bd. LIII, S. 57 (30. Jan. 1909).

äusserst verwickelt. Bei dieser Sachlage ist es für den Ingenieur wichtig, eine einfache graphische Methode zu besitzen, die hinreichend genau ist und rascher und übersichtlicher zum Ziele führt, als die umständliche und mühsame Rechnung mit kleinen Differenzen.

Zum Zwecke graphischer Lösung wollen wir die Grundgleichungen so umformen, dass die Veränderlichen reine Zahlen werden und die Konstanten der Anlage sich in wenigen Parametern zusammenfassen lassen. Wir legen zugrunde einen Beharrungszustand, der entweder der Ausgangspunkt des Vorganges ist, oder über den als Grundbewegung die zu untersuchenden Schwingungsvorgänge sich lagern.

Für diesen Beharrungszustand seien die Werte  $c = c_0; y = y_0 = h_{w0} = Rc_0^2$ .

Bei plötzlichem Stau der der Geschwindigkeit  $c_0$  entsprechenden Wassermenge  $Q_0 = fc_0$  entsteht im Wasserschloss eine Spiegelerhebung  $h_0$ , die bei Vernachlässigung der Druckhöhenverluste im Stollen sich bekanntlich ergibt zu

$$h_0 = \sqrt{\frac{Lf}{gF}} c_0 \dots (1)$$

Die Schwingungsperiode des reibungslos gedachten Systems Stollen-Wasserschloss ist

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{LF}{gf}} = \frac{2\pi}{n} \dots (1)$$

worin  $n$  die zur Periode  $T_p$  gehörige Kreisfrequenz ist.

Nun führen wir ein:

$$z = \frac{y}{h_0}; v = \frac{c}{c_0}; v_a = \frac{Q_a}{fc_0}; \epsilon = \frac{h_{w0}}{h_0} = \frac{Rc_0^2}{h_0}$$

Damit erhalten wir aus den Grundgleichungen (1) und (2) sehr einfach:

$$\frac{dz}{dt} = n(z \mp \epsilon v^2) \text{ je nachdem } c > 0 \dots (3)$$

$$\frac{dv}{dt} = n(v_a - v) \dots (4)$$

Zu diesen beiden Gleichungen tritt noch die Beziehung für  $v_a$ , die wir vorläufig annehmen wollen:

$$v_a = f(t, z) \dots (5)$$

Aus den Gleichungen (3) und (4) erhalten wir zunächst durch Elimination der Zeit

$$\frac{dv}{dz} = \frac{z \mp \epsilon v^2}{v_a - v} \dots (6)$$

und weiter für die Zeit

$$ndt = \frac{dv}{z \mp \epsilon v^2} = \frac{dz}{v_a - v} \dots (7)$$

woraus sich ergibt:

$$ndt = \frac{\sqrt{dv^2 + dz^2}}{\sqrt{(z \mp \epsilon v^2)^2 + (v_a - v)^2}} \dots (7a)$$

Diese Gleichungen (6) und (7a) lassen sich nun einfach geometrisch deuten und für eine graphische Lösung verwenden.

Wir tragen in einem rechtwinkligen Koordinatensystem  $z$  als senkrechte Abszisse,  $v$  als horizontale Ordinate auf;  $\frac{h_w}{h_0}$  werde als Funktion von  $v$  ebenfalls aufgetragen. Meist genügt die Parabel  $\epsilon v^2$ , es kann aber auch jedes andere Widerstandsgesetz zugrunde gelegt werden.  $P_1, P_2$  seien zwei benachbarte Punkte der  $vz$ -Kurve, die den Vorgang darstellen soll. Ziehen wir (Abbildung 2) durch den Punkt  $S_1$  der Widerstandslinie mit der Ordinate  $v_1$  eine Parallele zur Ordinatenaxe und schneiden diese in  $M_1$  mit der im Abstand  $v_{a1}$  von der Abszissenaxe gezogenen Parallelen mit dieser, so ist die Verbindungslinie  $P_1M_1$  die Normale der  $vz$ -Kurve. Es ist nämlich:

<sup>1)</sup> Prášil, Wasserschlossprobleme, loc. cit.