

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 85/86 (1925)
Heft: 6

Artikel: Zur Berechnung von Wasserschlössern
Autor: Braun, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40165>

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: 21.02.2026

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

INHALT; Zur Berechnung von Wasserschlössern. — Die Erweiterung der Seewasserversorgung in Kreuzlingen am Bodensee. — Technische Entwicklung der durchgehenden Bremsung langer Güterzüge. — Neue Wege zur wirtschaftlichen Verwertung der Kohle. — Wettbewerb zur Umgestaltung der Verbindung Rathausgasse-Vordere Vorstadt in Aarau. — Ueber die Entwicklung des Betonstrassenbaues. — Miscellanea: Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebs auf der Chicago, Milwaukee

and St. Paul Railway. Hydraulik-Tagung in Göttingen. Neuartige Schalenkuppel aus Eisenbeton. Elektrische Rangierlokomotiven der österreichischen Bundesbahnen. Die Sternwarte zu Greenwich. Ausfuhr elektrischer Energie. Eidgen. Technische Hochschule. Überbrückung des Hudson-River in New York. Schweizerischer Geometerverein. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Sektion Bern des S. I. A. S. T. S.

Band 86.

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

Nr. 6

Zur Berechnung von Wasserschlössern.

Von Prof. Dr. E. BRAUN, Stuttgart.

Die Berechnung der Spiegelbewegung in Wasserschlössern bei Änderung des Betriebszustandes der Anlage ist für alle Fälle möglich; die Rechnung ist jedoch etwas umständlich und es liegt für den projektierenden Ingenieur, der verschiedene Bauformen wirtschaftlich vergleichen muss, das Bedürfnis vor, rasch die verschiedenen Annahmen entsprechenden Wasserschloss-Querschnitte zu bestimmen. Dies kann durch das in Abbildung 3 gegebene einfache Kurvenbild leicht erreicht werden. Zu seiner Erläuterung sei das Folgende bemerkt. Sachlage und Bezeichnungen sind aus Abbildung 1 zu ersehen. Gegeben ist der Stollen, der Druckhöhenverlust h_w bei der Stollengeschwindigkeit c_0 der Vollast und das Nutzgefälle H_e . Für die Bemessung des Wasserschloss-Querschnitts ist massgebend der zeitliche Verlauf der in Abbildung 2 dargestellten Linien der Spiegel Lage. Einerseits interessiert die grösste Ueberschreitung Δ_1 des Ruhespiegels bei verschiedenen Entlastungsgraden auf Leerlauf, andererseits die Senkung Δ_2 unter den der Vollast entsprechenden Betriebspiegel bei plötzlichen Belastungen auf Vollast.

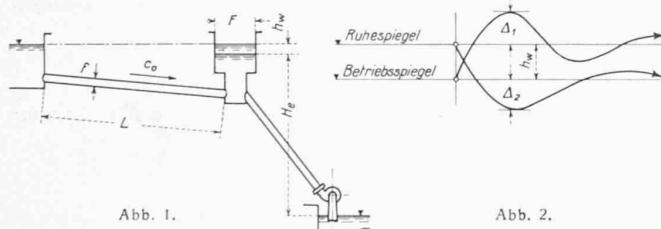


Abb. 1.

Abb. 2.

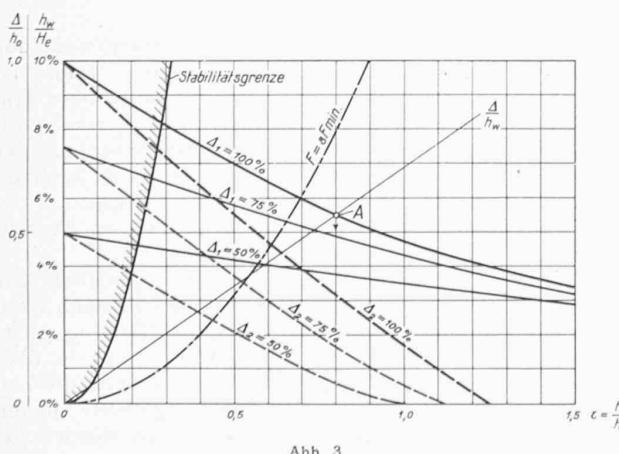


Abb. 3.

Ist die Grösse des Wasserschlusses gegeben, so ist bekanntlich der Spiegelanstieg bei Vollentlastung bei Vernachlässigung der Reibung

$$h_0 = \sqrt{\frac{L \cdot f}{g \cdot F} \cdot c_0}$$

Die Werte $\frac{F}{h_0}$ sind bestimmt durch $\frac{h_w}{h_0} = \epsilon$ und den verhältnismässigen Betrag der Belastungsänderung. Praktisch ist gegeben das der Berechnung zu Grunde zu legende F und h_w , während gesucht wird h_0 , das durch den Querschnitt F bestimmt ist.

Im Kurvenbild Abbildung 3 sind aufgetragen als horizontale Abszisse $\epsilon = \frac{h_w}{h_0}$, als vertikale Ordinate die

Werte $\frac{F}{h_0}$ und zwar $\frac{\Delta_1}{h_w}$ für plötzliche Entlastungen von 100%, 75% und 50% auf Leerlauf, und $\frac{\Delta_2}{h_w}$ für plötzliche Belastungen von 100%, 75% und 50% auf Vollast. Will man unter Zugrundelegung einer dieser Fälle, die praktisch ausreichend sein dürften, h_0 bestimmen, so hat man nur durch den Ursprung O eine Gerade zu ziehen, die gegen die Abszissenaxe die Neigung $\frac{F}{h_0}$ hat. Ihr Schnitt mit der betreffenden $\frac{F}{h_0}$ -Kurve liefert die Abszisse $\frac{h_w}{h_0} = \epsilon$ und damit h_0 . Der Querschnitt F bestimmt sich dann aus

$$F = f \cdot \frac{L \cdot c_0^2}{g \cdot h_0^2} \cdot \epsilon^2$$

Man liest ferner auf der zur Abszisse ϵ gehörigen Ordinate auch die, den andern eingezzeichneten Belastungsänderungen entsprechenden Werte Δ_1 , Δ_2 ab und übersicht damit so fort die Grösse der Spiegelschwankungen in diesen Fällen. In der Abb. 3 ist als Beispiel die Ursprungsgerade für den Wert $\frac{\Delta_1}{h_w}$ (für 100%) = 0,69 eingetragen, die $\epsilon = 0,8$ liefert.

Bekanntlich ist zur Vermeidung wachsender oder stehender Schwingungen, die durch die selbsttätige Regelung der Anlage angeregt werden können, ein gewisser Mindestquerschnitt F_{\min} des Wasserschlusses erforderlich. Die Stabilitätsbedingung lässt sich in folgender Weise darstellen. Es muss sein

$$h_w \geq \frac{\psi}{2} \cdot \frac{h_0^2}{H_e}, \text{ wo nun } h_0^2 = \frac{L \cdot f}{g \cdot F_{\min}} \cdot c_0^2$$

und ψ ein von den Turbinen-Eigenschaften abhängiger Koeffizient ist, der bei Francisturbinen gleich 2, bei Hochdruck-Freistrahlturbinen gleich 1 bis 1,5 gesetzt werden darf. Schreibt man für den erstgenannten Fall die Stabilitätsbedingung in der Form

$$\epsilon_g^2 = \frac{h_w^2}{h_0^2} \geq \frac{h_w}{H_e}$$

so lässt sich ϵ_g einfach in das Kurvenbild einzeichnen, wenn man auf der vertikalen Ordinate einen zweiten Massstab $\frac{h_w}{H_e}$ anlegt. Die links der Stabilitätsgrenze liegenden Werte $\epsilon < \epsilon_g$ scheiden damit aus.

Eine gute Regel für die Bemessung des Querschnittes F ist, ihn gleich dem 7- bis 8-fachen Querschnitt F_{\min} zu machen. Die strichpunktirte Linie rechts der Stabilitätsgrenze entspricht dem Werte $F = 8 F_{\min}$. Geht man von diesem Querschnitt aus, so ergibt das bekannte $\frac{h_w}{H_e}$ sofort das zur Berechnung von F erforderliche ϵ und gleichzeitig alle Werte Δ_1 und Δ_2 , sodass man sofort einen Ueberblick über die vorkommenden Ueberschreitungen des Ruh- und Betriebsspiegels erhält.

Die Kurven in Abbildung 3 sind nach dem von mir in der „S. B. Z.“ Band 77, Seite 117 (12. März 1921) entwickelten Verfahren berechnet (vergl. auch „Z. f. d. g. Turbinenwesen“ 1920, S. 145). Sind die Wasserschloss-Querschnitte festgelegt, so wird man meist die wichtigsten Betriebsfälle nach einem der bekannten graphischen oder rechnerischen Verfahren genau verfolgen können und gewinnt damit eine Prüfung der Grundlagen der Kurvenbilder der Abbildung 3.

Beispiel: Es sei $L = 4000 \text{ m}$; $f = 8 \text{ m}^2$; $c_0 = 2,5 \text{ m/sec}$, $h_w = 6,20 \text{ m}$. Bei 100% Entlastung soll der Ruhespiegel um höchstens 5 m überschritten werden, bei 75% plötzlicher Belastung soll der Betriebspiegel um höchstens 3 m unter den normalen sinken. Das Wasserschloss soll nach dem Kammersystem gebaut werden und der Steigschacht



Abb. 3. Die schwimmend verlegte Leitung vor deren Versenkung.

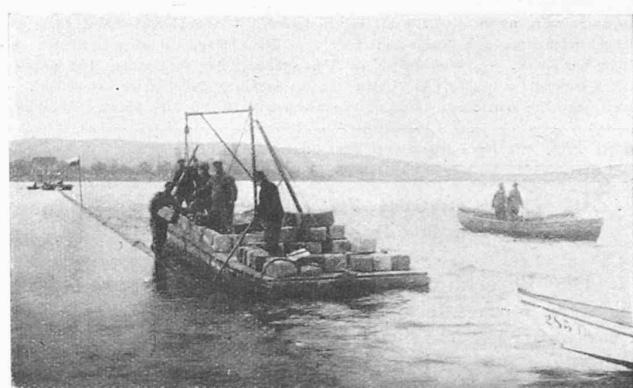


Abb. 4. Belastung der Leitung mit Betonblöcken.

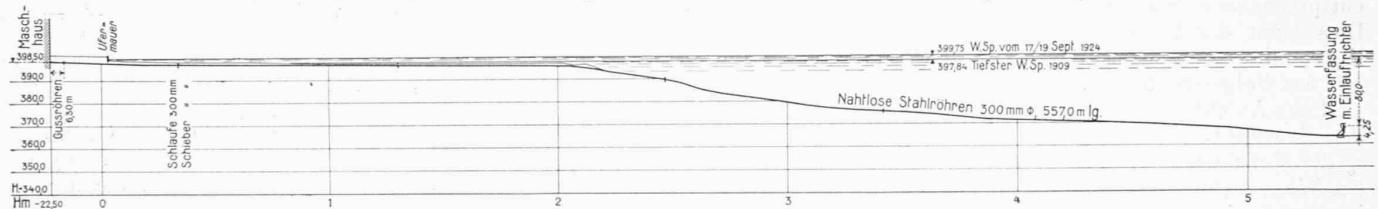


Abb. 1. Längenprofil der neuen Seeleitung für die Seewasser-Versorgung in Kreuzlingen am Bodensee. — Masstab der Längen und Höhen 1 : 3000.

den doppelten Grenzquerschnitt erhalten für das kleinste Gefälle von 254 m.

Für die Entlastung von 100 % ist:

$$\frac{A_1}{h_n} = 0,807, \text{ entspricht } \varepsilon = 0,72$$

Für die Belastung von 75 % ist:

$$\frac{A_2}{h_n} = 0,484, \text{ entspricht } \varepsilon = 0,61$$

$$\frac{h_n}{H_e} = 0,0244 = 2,44\%, \text{ liefert } \varepsilon_g = 0,16$$

Der Wert

$$\frac{f \cdot L \cdot \varepsilon_0^2}{g \cdot h_m^2} = \frac{8 \cdot 4000 \cdot 6,25}{9,81 \cdot 6,20^2} = 530 \text{ m}^2$$

gibt durch Multiplikation mit den ε^2 die Wasserschloss-Querschnitte:

Oben: $F = 275 \text{ m}^2$

Unten: $F = 197 \text{ m}^2$

Weiter ist, da $F_{\min} = 13,6 \text{ m}^2$, in der Mitte $F = 27,2 \text{ m}^2$ zu wählen.

Die Erweiterung der Seewasser-Versorgung in Kreuzlingen am Bodensee.

Von Ing. F. BOESCH, Zürich.

Wie die meisten grossen Ortschaften am Bodensee bezieht auch die Gemeinde Kreuzlingen ihr Trinkwasser zur Hauptsache aus dem See, und benutzt es, ebenfalls in Uebereinstimmung mit den meisten andern Verbrauchern von Bodenseewasser, in unfiltriertem Zustand.

Die erste Seewasserleitung, die heute noch im Betrieb ist, wurde im Jahr 1897 erstellt. Dabei wird das Wasser, 470 m vom Seeufer entfernt, in einer Tiefe von rd. 30,0 m etwa 3,0 m über dem Seegrund gefasst. Diese Leitung von 0,20 m lichter Weite besteht aus genieteten, schmiedeisernen Röhren, die durch gusseiserne Kugelgelenke miteinander verbunden sind und auf dem Seegrund aufliegen. Zuerst wurde das Wasser durch direkt an die Seeleitung angeschlossene Plungerpumpen in das Netz, und der Ueberschuss in das Reservoir gepumpt; doch ist dann später noch eine Hochdruck-Zentrifugalpumpe als Reserve aufgestellt worden, die in der Folge den Betrieb allein übernommen hat. Da der Wasserverbrauch in den letzten Jahren so stark zugenommen hat, dass die Hochdruckpumpe zeitweise bis zu 19 Stunden im Tag in Betrieb stand, musste die Erweiterung der Anlage und die Aufstellung einer Reservegruppe ins Auge gefasst werden, wodurch dann auch die Erweiterung der Seeleitung, sowie der Verbindungsleitung nach dem Reservoir notwendig geworden ist.

Gestützt auf die langjährigen Erfahrungen in Kreuzlingen und den andern Ortschaften am Bodensee sowohl, als auch auf Grund der nachfolgend angeführten Untersuchungen und Ueberlegungen, wurde auch für die erweiterte Anlage der Verbrauch von unfiltriertem Seewasser beibehalten. Chemische und bakteriologische Untersuchungen haben gezeigt, dass unfiltriertes Bodenseewasser allen An-

forderungen entspricht, die vom sanitären Standpunkt aus an Trink- und Brauchwasser zu stellen sind. Dabei ist nur zu beachten, dass das Wasser mehrere Meter über dem Seegrund, und in einer Tiefe von 30 bis 40 m gefasst wird. Sollten die Verhältnisse mit zunehmender Bebauung der Ufer mit der Zeit ungünstiger werden, so ist es jederzeit möglich, die Anlage in Kreuzlingen durch Einbau von Filtern und durch Chlorierung des Wassers den dannmaligen sanitären Bedürfnissen anzupassen.

Die neue Seeleitung ist 30 bis 50 m westlich der bestehenden Leitung verlegt worden, mit der Fassung rund 70 m weiter seewärts, so, dass die Einlauföffnung 30 m unter den tiefsten Niederwasserspiegel und 4,25 m über den Seegrund zu liegen kam (Abbildung 1). Für die Leitung wurden 300 mm weite, nahtlose, innen geteerte, aussen bejutete Stahlröhren vorgesehen. Stahlröhren wurden gewählt, weil sich eine solche Leitung ohne Verwendung von Kugelgelenken dem Seegrund gut anpasst. Von der Verwendung gusseiserner Kugelgelenke sollte so viel als möglich Umgang genommen werden, weil diese die Verlegung viel umständlicher gestalten, nicht immer vollkommen wasserdicht sind und bei der Verlegung der Leitung leicht beschädigt werden. Stahlröhren durften umso eher empfohlen werden, da die Wandstärke der 300 mm weiten Röhren $7\frac{3}{4}$ mm beträgt, und eine Umfrage über das Verhalten von Stahlröhren gegen Verrostung ergab, dass Röhren, die vor 20 und mehr Jahren für Wasserversorgungen und Druckleitungen verlegt worden sind, sich gut bewährt haben. Für die Verbindung der etwa 10 m langen Röhren wurde auf Vorschlag des Unternehmers die sogen. Spezial-Schalker-Muffe mit aufgebördeltem, freiem Ende der Röhren gewählt.