

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 51/52 (1908)
Heft: 25

Artikel: Wasserschlossprobleme
Autor: Prášil, Franz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-27541>

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>

Wasserschlossprobleme.¹⁾

Von Prof. Dr. Franz Prášil.

(Schluss.)

IV. Untersuchung des Einflusses von $h_{wn} = \xi w^2$.

Zum Schlusse sei nun noch eine Studie angeschlossen, die einen Vergleich der mit der bisherigen Annahme $h_w = v w$ gefundenen Resultate betreffend die Grösse der Niveauschwankung mit denjenigen gestattet, die erhalten werden, wenn man für die Widerstandshöhe die gebräuchliche Beziehung $h_w = \xi w^2 = \zeta \frac{L}{R} \frac{w^2}{2g}$ einführt; hierbei wird der Widerstandskoeffizient ζ wieder konstant angenommen; R bedeutet den Profilsradius des Stollens.

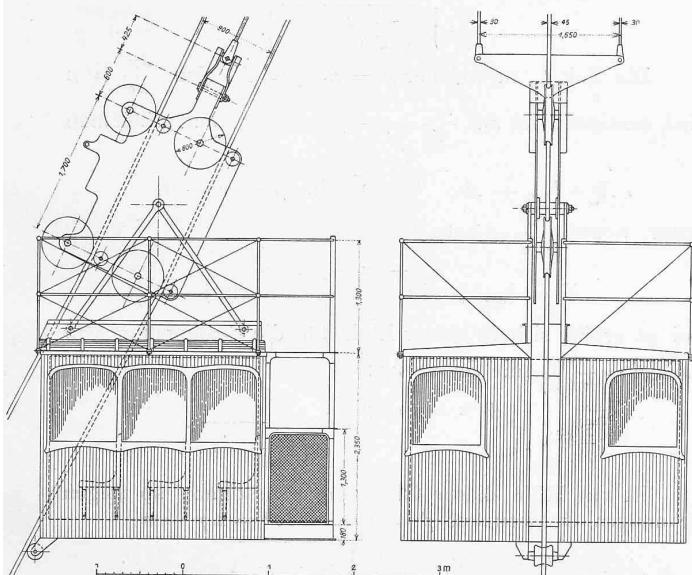


Abb. 12.
Wagen des Wetterhornaufzugs.
Masstab 1:80.

Mit dieser Einführung wird es nötig, die Form A der ersten Ausgangsgleichung anzuwenden und in derselben entsprechend der Strömungsrichtung im Stollen auf die richtige Wahl des Zeichens für h_w zu achten; werden hierdurch die Untersuchungen bereits komplizierter, so ist noch weiter zu bemerken, dass die Differentialgleichung, welche man nach Einführung des aus der Kontinuitätsgleichung B zu bestimmenden Wertes von w erhält, nicht nur zweiter bzw. höherer Ordnung, sondern auch zweiten Grades wird, wodurch sich Schwierigkeiten für die Bestimmung der allgemeinen Integrale einstellen. Dies ist namentlich der Fall, wenn in der Kontinuitätsgleichung $q > 0$ und zeitlich veränderlich ist.

Es wird daher die weitere Untersuchung zum Zwecke des Vergleiches lediglich für den Fall plötzlicher Absperrung von Q und für die Phase der ersten Niveauebung durchgeführt; der grösseren Allgemeinheit halber wird aber hierbei vorerst der Wasserschlossquerschnitt variabel nach der Höhe, also als eine gegebene Funktion von z angenommen. Die Bewegungsgleichung lautet dann:

$$\frac{L}{g} \frac{dw}{dt} + z + h_w = 0 \quad \dots \quad A$$

Die Kontinuitätsgleichung:

$$f \cdot w = F \cdot v. \quad \dots \quad B$$

¹⁾ In der ersten Zeile der Fortsetzung auf Seite 317 muss es heißen: zu vermindern, anstatt: verhindern.

Multipliziert man die Gleichung A mit $f w dt$, so folgt unter Berücksichtigung von B

$$\frac{L}{g} w dw + z F v dt + h_w F v dt = 0.$$

Nun ist $F v dt = F dz = dV$ die Veränderung des Wasservolumens V im Wasserschloss in der Zeit dt ; dasselbe kann bei gegebenen Wasserschlossdimensionen als Funktion von z oder mit Rücksicht auf die später zu erörternde graphische Behandlungsweise als Funktion einer Variablen x bestimmt werden, wobei $z = x - h_{wn}$ und V vom Niveau an, welches im Abstand h_{wn} unter NN liegt, positiv gemessen wird, sodass also für $z = -h_{wn}$ oder $x = 0$; $V = 0$ ist.

$$\text{Mit } h_w = \zeta \frac{L}{R} \frac{w^2}{2g} \text{ und } h_{wn} = \zeta \frac{L}{R} \frac{w_{n^2}}{2g}$$

und nach Multiplikation mit $\frac{2g}{L_f}$ geht die Gleichung über in

$$d(w^2) + \left[\frac{2g}{L_f} x + \frac{\zeta}{R_f} (w^2 - w_{n^2}) \right] dV = 0$$

Setzt man $w^2 = y$; $w_{n^2} = y_n$; $\frac{2g}{L_f} = a$; $\frac{\zeta}{R_f} = \frac{1}{\mathfrak{B}}$ so folgt die totale Differentialgleichung

$$dy + \left[a x + \frac{1}{\mathfrak{B}} (y - y_n) \right] dV = 0,$$

deren Integration mit Hilfe des integrierenden Faktors $\mu = e^{\frac{V}{\mathfrak{B}}}$ durchführbar ist; man erhält

$$y - y_n = -a e^{-\frac{V}{\mathfrak{B}}} \int_0^V x e^{\frac{I}{\mathfrak{B}}} dV$$

und für y und a und \mathfrak{B} die Werte eingesetzt

$$w^2 = w_{n^2} - \frac{2g}{L_f} e^{-\frac{V}{R_f}} \int_0^V x e^{\frac{\zeta V}{R_f}} dV. \quad \dots \quad G$$

Mit Hilfe dieser Gleichung kann w als Funktion von V bzw. x gefunden werden, indem bei gegebener Abhängigkeit des Volumens V von x und umgekehrt, das

Integral $\int_0^V x e^{\frac{\zeta V}{R_f}} dV$ auch dann durch Quadratur bestimmbar ist, wenn $V = F(x)$ auch nur durch eine Kurve gegeben ist.

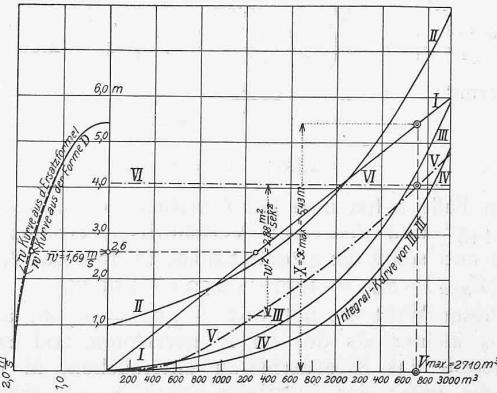
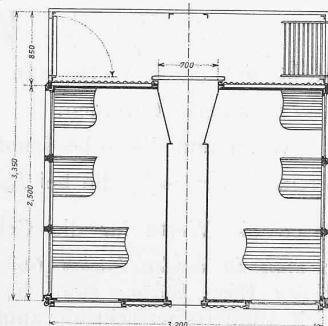


Abb. 13.

Das Verfahren ist durch folgendes Schema gekennzeichnet: In einem rechtwinkligen Koordinatensystem (Abb. 13) wird die Abhängigkeit des Volumens V von x durch eine Kurve dargestellt, wobei in der Abszisse die Werte von V , in den Ordinaten die Werte von x gemessen werden. Diese Darstellung der x -Kurve I—I kann auf Grundlage der gegebenen Dimensionen des Wasserschlosses erfolgen; $V = 0$ entspricht, wie oben bemerkt, dem Betriebsniveau bei Durchfluss von $Q_n \text{ m}^3/\text{Sek.}$ Man zeichnet sich über dieselben Abszissen eine Kurve II—II, deren Ordinaten durch

die Werte $e^{\frac{V}{R_f}}$ und eine weitere Kurve III—III, deren Ordinaten durch $x e^{\frac{V}{R_f}}$ bestimmt sind. Nun bildet man

die Integralkurve IV—IV der letzten Kurve; zeichnet man noch eine weitere Kurve V—V, deren Ordinaten man erhält, wenn man die Ordinatenwerte der Integralkurve mit $\frac{2g}{L_f} e^{-\zeta \frac{v}{Rf}}$ multipliziert und im Abstand von w_n^2 eine Parallele VI—VI zur Abszissenachse, so ist ersichtlich, dass die Ordinatendifferenz zwischen der w_n^2 Geraden und der letztkonstruierten Kurve die Werte von w^2 ergibt; selbstverständlich müssen für sämtliche Kurven, bezw. deren Ordinaten geeignete Maßstäbe gewählt werden; der Massstab der letzten Kurve ist natürlich dieselbe, wie für w_n^2 ; der Schnittpunkt der letzten Kurve mit der Parallelen (w_n^2) bestimmt diejenige Ordinate, die auf der Abszissenachse den Wert von V ergibt, für welchen w gleich Null wird, bei denen mithin der höchste Wasserstand eintritt. Die zugehörige Ordinate der x -Kurve gibt die Höhe des höchsten Niveaus über das Betriebsniveau.

Ist F konstant, also $V = F \cdot x$; so geht Gleichung G

$$\text{über in } w^2 = w_n^2 - \frac{2gF}{L_f} e^{-\zeta \frac{F_x}{fR}} \int_0^x x e^{\zeta \frac{F_x}{fR}} dx$$

Führt man ein $\frac{2g}{L} \frac{F}{f} = \frac{I}{S^2}$; $\zeta \frac{F}{Rf} = \frac{I}{\lambda}$, so erhält man

$$w^2 = w_n^2 - \frac{e}{S^2} - \frac{x}{\lambda} \int_0^x x e^{\frac{x}{\lambda}} dx;$$

$$w^2 = w_n^2 + \frac{\lambda^2}{S^2} \left(1 - \frac{x}{\lambda} - e^{-\frac{x}{\lambda}} \right) \dots F$$

und für die Bestimmung des Maximalwertes X von x mit $w = 0$

$$\frac{w_n^2 S^2}{\lambda^2} + 1 = \frac{X}{\lambda} + e^{-\frac{X}{\lambda}} \dots G'$$

Die hieraus erhältlichen Resultate können nun zum Vergleich mit den Resultaten des Beispieles für den Fall a benutzt werden; man erhält aus

$$w_n = 2,02 \text{ m/Sek.}; \frac{w_n^2}{2g} = 0,208 \text{ m}$$

$$h_{wn} = 2,92 \text{ m} = \frac{\zeta}{R}, 2760 \cdot 0,208$$

$$\frac{\zeta}{R} = \frac{I}{196,5}; \frac{I}{\lambda} = \frac{\zeta}{R} \cdot \frac{F}{f} = \frac{I}{2,92}$$

$$\frac{I}{S^2} = \frac{2gF}{L_f} = \frac{I}{2,094}; S = 1,447''$$

$$\frac{w_n^2 S^2}{\lambda^2} + 1 = \left(\frac{2,02 + 1,447}{2,92} \right)^2 + 1 = 2,001$$

und hiermit:

$$\frac{X}{\lambda} + e^{-\frac{X}{\lambda}} = 2,001;$$

$$\frac{X}{\lambda} = 1,86; X = 5,43 \text{ m}$$

Im Falle a hat man bei Annahme von $h_w = v w$ mit $v = 1,445''$ und denselben Verhältnissen erhalten: $Z_{max} = 1,99$ und somit die grösste Erhebung über das Anfangsniveau $Z_{max} + h_{wn} = 1,99 + 2,92 = 4,91 \text{ m}$.

Dieser Wert ist um $5,61 - 4,91 = 0,7 \text{ m}$, also um $12 \frac{1}{2} \%$ kleiner als der für X gerechnete und es ergibt sich hiermit das Erfordernis zu untersuchen, in welcher Weise die unter der Annahme von $h_w = v w$ erhaltenen, an sich wegen der Einheitlichkeit der hieraus resultierenden Methoden bequemen Formeln zu korrigieren sind, um den neuen Resultaten möglichst nahe zu kommen. Zu dem Zweck sei angenommen, dass für die Darstellung der Erhebung x über dem Anfangsniveau die Formel:

$$x = h_{wn} + z = h_{wn} + A e^{-\frac{t}{2T_0}} \sin \left(\beta + \frac{t}{C} \right) \text{ und hiermit}$$

$$\frac{dx}{dt} = v = \frac{A}{I} e^{-\frac{t}{2T_0}} \sin \left(2\gamma - \beta - \frac{t}{C} \right) \text{ mit } \operatorname{tg} \gamma = \frac{2T_0}{C} \text{ und}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{A}{T^2} e^{-\frac{t}{2T_0}} \sin \left(2\gamma - \beta - \frac{t}{C} \right) \frac{I}{T^2} = \frac{I}{C^2} + \frac{1}{(2T_0)^2}$$

zu verwenden sei, wobei die Grössen A und β wieder aus den Verhältnissen beim Anfangszustand, also für $t = 0$; $x = 0$ bzw. $z = h_{wn}$; $\frac{dx}{dt} = c_n$ die Grössen T_0 und T bezw. C

jedoch nicht wie früher auf S. 273 aus den gegebenen Dimensionen, sondern aus der Bedingung zu bestimmen sind, dass X der Maximalwert der Erhebung über dem Anfangsniveau, also für $x = X$ die Ableitung $\frac{dx}{dt} = 0$ wird und dass ebenso wie früher für $x = 0$ die zweite Ableitung $\frac{d^2x}{dt^2} = 0$ wird.

Aus letzter Bedingung folgt nun: $2\gamma - \beta = 180^\circ = \pi$; mithin $\gamma - \beta = 180^\circ - \gamma$; $\beta = 2\gamma - 180^\circ$; hiermit erhält man für $t = 0$

$$0 = h_{wn} - A \sin 2\gamma$$

$$c_n = \frac{A}{2T_0} \sqrt{\left(\frac{2T_0}{C} \right)^2 + 1} \sin \gamma \quad (\text{wegen } \frac{I}{T} = \frac{1}{2T_0} \sqrt{\left(\frac{2T_0}{C} \right)^2 + 1}).$$

Die Zeit t_x , zu welcher $x = x_{max} = X$, also $\frac{dx}{dt} = 0$ wird, bestimmt sich aus $\frac{tx}{C} = \gamma - \beta = \pi - \gamma$, somit erhält man

$$X = h_{wn} + A e^{-\frac{tx}{2T_0}} \frac{tx}{C} \sin (\beta + \gamma - \beta)$$

ferner wegen $\frac{C}{2T_0} = \operatorname{cotg} \gamma$

$$X = h_{wn} + A e^{-\frac{(x-\gamma) \operatorname{ctg} \gamma}{2}} \sin \gamma$$

und es ergibt sich in erster Linie für die Bestimmung von γ mit $A = \frac{h_{wn}}{\sin 2\gamma}$ die Gleichung:

$$\cos \gamma \cdot e^{-(\pi-\gamma) \operatorname{ctg} \gamma} = \frac{I}{2\left(\frac{X}{h_{wn}} - 1\right)}.$$

Ist mit Hilfe dieser Gleichung γ bestimmt, so folgen die andern Grössen aus $\beta = 2\gamma - 180^\circ = 2\gamma - \pi$

$$A = \frac{h_{wn}}{\sin 2\gamma}; 2T_0 = \frac{A}{c_n} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1} = \frac{A}{c_n \cos \gamma};$$

$$C = \frac{2T_0}{\operatorname{tg} \gamma}; \frac{I}{T} = \sqrt{\frac{I}{(2T_0)^2} + \frac{1}{C^2}}$$

und können deren Werte nun in die Formeln für x und $\frac{dx}{dt} = v$ eingeführt werden.

Wenn nun die so bestimmte Bewegung mit derjenigen übereinstimmen soll, die bei $h_w = \zeta \frac{L}{R} \cdot \frac{w^2}{2g}$ eintritt, so müssen die Werte für die Geschwindigkeiten $w = v \frac{F}{f}$, die man in beiden Fällen für dieselbe Erhebung x erhält, gleichen Wert haben; sind die Werte nicht vollkommen gleich, sondern herrscht nur annähernde Uebereinstimmung, so wird es von dem Grade der Annäherung abhängen, ob man die Ersatzformel anwenden kann oder nicht.

Um dies zu untersuchen, sei das Beispiel weiter gerechnet; man erhält mit $X = 5,43 \text{ m}$; $h_{wn} = 2,92 \text{ m}$;

$$\cos \gamma \cdot e^{-(\pi-\gamma) \operatorname{ctg} \gamma} = \frac{I}{2\left(\frac{X}{h_{wn}} - 1\right)} = 0,581$$

und hiermit $\gamma = 71^\circ 50'$; $\beta = 2\gamma - 180^\circ = -36^\circ 20'$;

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2T_0}{C} = 3,047; A = \frac{h_{wn}}{\sin 2\gamma} = 4,930 \text{ m},$$

mit $c_n = 0,03 \text{ m/Sek.}$

$$2T_0 = \frac{A}{c_n} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1} \sin \gamma = \frac{A}{c_n} \operatorname{tg} \gamma = 500 \cdot 0''$$

$C = 164,3''$, $T = 155,9''$, $t_x = [: \text{für } x = X :] = 310,0''$, und hiermit die beiden Gleichungen:

$$x = 2,92 + 4,93 \cdot e^{-\frac{t}{500}} \sin \left(\frac{t}{164,3} - 35^\circ \right)$$

$$v = \frac{4,93}{155,9} \cdot e^{-\frac{t}{500}} \sin \left(71^\circ 50' + \frac{t}{164,3} \right)$$

$$w = \frac{v F}{f} = v \frac{500}{7,44}.$$

Mit diesen Formeln kann man nun zu verschiedenen Werten von t die zugehörigen Werte von x, v und w rechnen.

Aus der auf S. 334 abgeleiteten Formel

$$w^2 = w_n^2 + \frac{\lambda^2}{S^2} \left(1 - \frac{x}{\lambda} - e^{-\frac{x}{\lambda}} \right) \dots F$$

kann man aber auch zu denselben Werten von x diejenigen Werte von w rechnen, oder nach Abbildung 13 graphisch bestimmen, welche der Bewegung unter der Annahme

$$h_w = \zeta \frac{L}{R} \frac{w^2}{2g}$$

entsprechen. Man erhält folgende Tabelle:

$t'' = 0$	50	100	150	200	250	300	350,0
$x \text{ m} = 0$	1,48	2,81	3,93	4,79	5,29	5,41	5,43
$v \text{ m/Sek.} = 0,030$	0,028	0,025	0,019	0,013	0,007	0,001	0,0
$w \text{ m/Sek.} = 2,02$	1,91	1,67	1,29	0,89	0,46	0,06	0,0
$w \text{ m/Sek.} = 2,02$	1,93	1,64	1,23	0,86	0,41	0,02	0,0

Trägt man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem (Abb. 13) auf den den Werten x entsprechenden Punkten der Abszissenachse die beiden zugehörigen Werte von w als als Ordinaten ab, so ist aus den beiden hierdurch gebildeten Kurven ersichtlich, dass man die Ersatzformel mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit für die Beschreibung der Bewegung annehmen kann.

Vergleicht man die Werte von T_0 und T , wie dieselbe unter den beiden Annahmen für h_w gefunden wurden, d. h. für T_0 den Wert 194,5 gegen 250,0, für T den Wert 137,5 gegen 155,9,

so erkennt man, dass der zweite Wert von T_0 1,28 mal, der zweite Wert von T um 1,13 = $\sqrt{1,28}$ mal grösser ist als je der erste Wert. Die ersten Werte haben sich aus den Formeln $T_0 = \frac{L}{v\gamma}$ und $T = \sqrt{\frac{L}{g} \frac{F}{f}}$ ergeben und es folgt hieraus die Bedeutung der Ersatzformel: dieselbe entsteht aus der Grundgleichung A, wenn man in derselben unter Beibehaltung des aus der Beziehung $h_{wn} = v \cdot w_n$ gefundenen Wertes von v statt L eine im gegebenen Beispiel um 28% vergrösserte Länge L_r einführt, und mit derselben die Werte T und T_0 berechnet.

Dies ist erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass mit der Einführung der Widerstandsformel $h_{wn} = v \cdot w$ der Einfluss der Reibung zu gross in Rechnung gebracht wird; es muss dann eben in der Ersatzformel das Arbeitsvermögen und mithin die Masse des Stolleninhaltes grösser angenommen werden, als dieselbe tatsächlich ist, um durch diese Ersatzformel auf den richtigen Wert der Erhebung zu kommen.

Die der Erhebung $X = 5,61 \text{ m}$ tatsächlich entsprechende mittlere Widerstandshöhe erhält man jedoch durch Aufstellung der Arbeitsbilanz nach dem Schema von S. 277, unter Einsatz der *wirklichen* Stollenlänge; es wird mit $G_1 = 500 \cdot 5,43 = 2715 \text{ t}$; und $y_s = \frac{1}{2} \cdot 5,43 = 2,715 \text{ m}$.

Disponible Arbeit Meter Tonnen	Aufgebrauchte Arbeit Meter Tonnen
4271	Lebendige Kraft des Stolleninhalts
7929	Arbeitsvermögen von $G_1 = 2715 \text{ t}$ bei $h = 2,92 \text{ m}$
	Hebearbeit für 2715 t auf 2,715 m . .
	Reibungsarbeit
12200	Total

Der totalen Reibungsarbeit von 4829 mt entspricht somit bei dem geförderten Gewicht eine mittlere Widerstandshöhe von

$$h_w \text{ mittel} = \frac{4829}{2715} = 1,78 \text{ m} = 0,605 h_{wn}$$

Auf Seite 277 wurde $h_w \text{ mittel} = 0,755 h_{wn}$ als derjenige Mittelwert gefunden, der der Erhebung um nur $1,99 + 2,92 = 4,91 \text{ m}$ entspricht.

In der Wirklichkeit wird nun voraussichtlich die maximale Erhebung über das Anfangsniveau grösser als $4,91 \text{ m}$ und kleiner als $5,61 \text{ m}$ und dementsprechend $0,605 h_{wn} < h_w \text{ mittel} < 0,755 h_{wn}$ sein; der wahre Wert wird sich erst ergeben, wenn Beobachtungsresultate an Ausführungen grösseren Umfangs vorliegen werden.

Es sei noch bemerkt, dass die oben bestimmten Werte von T und T_0 in der Ersatzformel nur für die erste Erhebung von $x = 0$ bis $x = X$ gelten; man kann mathematisch die Untersuchung weiterführen und findet, dass für das Niedersinken von der ersten Maximalerhebung bis zur ersten Minimalsenkung wieder andere Werte für T und T_0 einzuführen sind, die kleineren Werten von L , entsprechen. Und dies wiederholt sich für die weiteren Phasen des Aufsteigens und Absinkens, bis schliesslich L immer näher gleich L wird. Dies hängt damit zusammen, dass im Verlauf des Bewegungsvorganges die Geschwindigkeitschwankung und damit der Einfluss der Widerstände immer kleiner wird; von einer ziffernmässigen Weiterführung dieser Untersuchungen wird jedoch abgesehen, da für die praktischen Bestimmungen die bisher gewonnenen Resultate in den meisten Fällen genügend Aufschluss geben.

Schlussfolgerungen.

In Zusammenfassung dieser Resultate ergeben sich nachstehende Schlussfolgerungen:

1. Mündet der Stollen in einen Weiher, von welchem aus die Druckleitung zu den Turbinen führt und ist die Weiherfläche $F > 100 \cdot n \cdot f$, wobei f den Stollenquerschnitt in m^2 und n die Anzahl der km Stollenlänge bedeuten, so sind periodische Schwankungen des Wasserspiegels auch bei zeitlichen Veränderungen des Abflusses nicht zu erwarten; ist, wie dies bei künstlichen Wasserschlössern der Fall ist, $F < 100 \cdot n \cdot f$, so können solche periodische Schwankungen eintreten.

2. Die maximale Erhebung über das ursprüngliche Niveau (Betriebsniveau bei vollem Abfluss) bleibt sich bei kurzen Schlusszeiten der Grösse nach ziemlich gleich für plötzlichen wie für allmählichen Abschluss des gesamten Abflusses.

3. Die Grösse der maximalen Erhebung über das ursprüngliche Niveau wird am einfachsten mit Hilfe der Arbeitsbilanz berechnet, wobei für die mittlere Widerstandshöhe etwa 0,7 derjenigen Widerstandshöhe h_{wn} einzusetzen ist, die der Absenkung des Wasserspiegels im Wasserschloss unter das Niveau des Wasserspiegels vor dem Stollen bei vollem Abfluss entspricht.

4. Die Grösse der Absenkung unter das Ruheniveau (Niveau des Wasserspiegels vor dem Stollen) ist bei voller Öffnung annähernd gleich der nach den früheren berechneten Erhebung.

5. Für die Bestimmung der Vorgänge während und nach erfolgtem Abschluss können mit guter Annäherung diejenigen Formeln, Rechnungs- und Darstellungsmethoden benutzt werden, die sich entsprechend den obigen Erörterungen auf Grund der Theorie der gedämpften Schwingungen ergeben. Hierbei können die Zeitwerte T und T_0 und damit \mathcal{C} aus dem sub 3 erzielten Resultat für die grösste Erhebung nach den Erläuterungen des Kap. IV bestimmt werden.

6. Bei Betrieben, die eine periodische Veränderung des Abflusses zur Folge haben, können unter Umständen Resonanzerscheinungen fühlbar werden.

7. Die maximalen Erhebungen können durch Anordnung von Ueberfällen im Wasserschloss oder vor demselben im Stollen verkleinert werden.

Wie in anderen Fällen kann auch hier die Theorie zwar gute Aufschlüsse über die Art und die Grössenordnung der Vorgänge geben mit einem für die Praxis zumeist genügenden Genauigkeitsgrad, quantitativ werden die auf diese Theorie fussenden Resultate naturgemäss dann einen

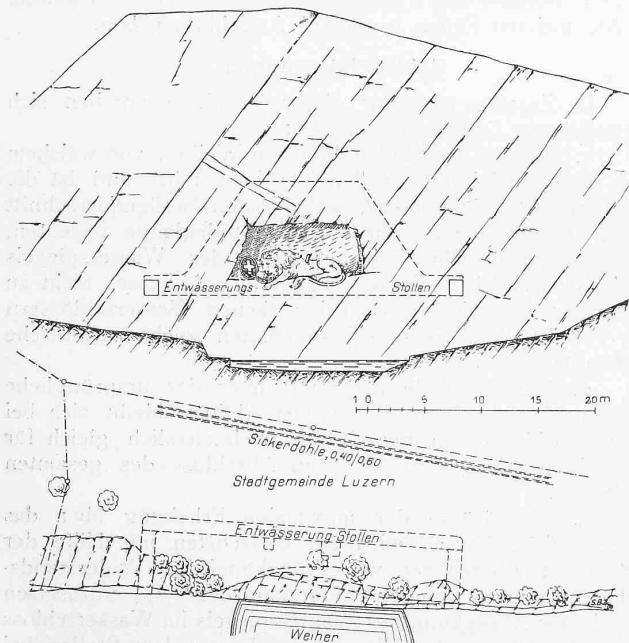
hohen Grad von Genauigkeit erhalten, wenn durch Experimente in grossem Maßstab die Grössen der Widerstände für verschiedene Stollenverhältnisse genügend festgestellt sein werden.

Der Redaktion der Schweiz. Bauzeitung sei für die Aufnahme des Artikels und für die Anfertigung der Zeichnungen hiermit bestens gedankt.

Zürich, im September 1908.

Miscellanea.

Das Löwendenkmal in Luzern, nach Thorwaldsens Modell in der Zeit vom 28. März 1820 bis 20. August 1821 durch L. Ahorn aus einer ansteigenden Molasse-Felswand herausgemeisselt, war von jeher starker Verwitterung ausgesetzt. Seit dem Jahre 1858 beschäftigte dieser Umstand zu verschiedenen Malen die Behörden Luzerns, die aber erst in die Lage kamen dem Denkmal ihren Schutz angedeihen zu lassen, als dieses 1882 durch Kauf aus dem Privatbesitz der Familie Pfyffer in das Eigentum der Stadtgemeinde überging. Anlass zu der Verwitterung boten einmal der von aussen eindringende Regen und namentlich der Schnee, sodann das Sickerwasser, das durch den klüftigen Felsen von oben und von hinten zu dem Löwen drang. Den Einwirkungen des Frostes konnte begegnet werden durch Einschalung



während des Winters, was, nachdem durch Richterspruch das Löwendenkmal als «öffentliche Sache» erklärt werden musste, seit 1864 geschieht. Die schädigenden Einflüsse durch die Bergfeuchtigkeit wollte man lange Zeit durch Imprägnieren des Steines aufheben, zu welchem Zwecke mannigfache Versuche angestellt worden waren. Diese hatten alle das Ziel, durch eine kieselsaure Verbindung das fast ausschliesslich aus kohlensaurem Kalk bestehende Bindemittel der Molasse unlöslich zu machen. Die erste Operation besteht deshalb im Tränken des Steins mit einer kieselsauern Lösung, meistens Wasserglas, die zweite in Zufügung eines löslichen Salzes, dessen Basis mit der Kieselere des Wasserglases eine unlösliche Verbindung eingehet. Diese Versuche haben noch zu keinem bestimmten Ergebnis geführt und sollen fortgesetzt werden. Trotz des ziemlich pessimistischen Ergebnisses einer im Jahr 1891 durch die Professoren Tetmayer und Gerlich aus Zürich, Prof. Dr. Kaufmann in Luzern und Bildhauer R. Kissling vorgenommenen Expertise schlug die städtische Baudirektion von Luzern 1892 u. a. vor, die ganze Denkmalsnische durch Abbau eines dahinterliegenden Hohlraumes und durch Drainage des darüberliegenden Landes trocken zu legen. Die beigegebene Abbildung zeigt in Aufriss und Grundriss die örtlichen Verhältnisse, sowie die oberirdische Entwässerung des durch die Stadtgemeinde erworbenen Landstreifens und die Lage und Ausdehnung des Entwässerungsstollens. Dieser zieht sich auf eine Länge von fast 30 m hinter der Denkmalsnische durch, in der Mitte eine grösste Höhe von 11 m erreichend. Er ist 1,20 m bis 1,50 m breit und nähert sich der Nischenrückwand bis auf 1,80 m. Ueberall, wo die Schichtfugen Feuchtigkeit zeigten, wurde durch seitliche Erweiterungen für sorgfältiges Auffangen

des Wassers gesorgt. An beiden Enden stellen rund 6 m lange Querschläge mit durchbrochenen Eisentüren die Verbindung mit der Außenluft her. Trotz der geringen Ausbruchsmenge von 230 m³ dauerte die Bauzeit dieses Entwässerungsstollens von Anfang 1897 bis April 1899, da die ganze Arbeit mit dem Meissel von Hand geleistet werden musste und jede Sprengarbeit ausgeschlossen war. An die Gesamtkosten, die sich einschliesslich einer 1902 erstellten neuen Verschalung auf rund 31000 Fr. beliefen, leistete der Bund einen Beitrag von 9250 Fr.; die Bauaufsicht übte seitens des Bundes Architekt L. v. Châtelain in Neuenburg aus, die Ausführung selbst lag in den Händen der städtischen Baudirektion Luzern.

Die Wirkung des Entwässerungsstollens ist erfreulicherweise eine vorzüliche, denn auf der ganzen grossen Innenfläche der Nische zeigt sich keine Feuchtigkeit mehr und die Abwitterungen haben aufgehört. Wenn man auch, wie bei jeder Menschenarbeit, nicht von einem absoluten und auch zeitlich unbeschränkten Schutz reden darf, so können wir doch, wie der Bericht der Baudirektion sagt, die Beruhigung haben, dass die Lebensdauer des Löwendenkmals nun auf absehbare Zeiten gesichert ist.

Die Kohlengewinnung der Welt im Jahre 1907 findet sich in folgender Tabelle zusammengestellt, die zum Zwecke des Vergleichs auch die Zahlen für 1906, sowie in der dritten Spalte die Mehr- (+) oder Minderproduktion (—) des Jahres 1907 angibt.

Name des Landes	1907	1906	Somit 1907 mehr (+), bzw. weniger (—)
	t	t	t
Asien:			
China	10 450 000	—	+ 10 450 000
Indien	11 200 000	9 783 250	+ 1 416 750
Japan	12 890 000	12 500 000	+ 390 000
Australien:			
Neu-Südwales	7 850 000	7 748 384	+ 101 616
Neuseeland	1 784 000	1 600 000	+ 184 000
Uebrig Australien . .	900 000	870 000	+ 30 000
Europa:			
Belgien	23 824 499	23 610 740	+ 213 759
Deutschland	205 542 688	193 533 259	+ 12 009 429
Frankreich	37 022 556	34 313 645	+ 2 708 911
Grossbritannien und Irland	267 828 276	251 050 809	+ 16 777 467
Italien rund	225 000	300 000	— 75 000
Oesterreich-Ungarn . .	39 876 511	37 612 000	+ 2 264 511
Russland	17 800 000	16 990 000	+ 810 000
Schweden	305 000	265 000	+ 40 000
Spanien	3 250 000	3 284 576	— 34 576
Nordamerika:			
Kanada	10 510 961	9 914 176	+ 596 785
Vereinigte Staaten . .	430 430 183	375 397 204	+ 55 032 979
Südafrika:			
Transvaal, Natal und Kapkolonie	3 945 043	3 900 000	+ 45 043
Alle übrigen Länder rund	3 475 780	5 500 000	— 2 024 220
Insgesamt	1 089 110 497	988 173 043	+ 100 937 454

Monatsausweis über die Arbeiten am Lötschbergtunnel. Nov. 1908.

(Tunellänge 13 735 m)	Nordseite	Südseite	Total
Fortschritt des Sohlenstollens im Nov. m	—	155	155
Länge des Sohlenstollens am 30. Nov. m	2675	2908	5583
Gesteinstemperatur vor Ort °C.	—	25,0	
Erschlossene Wassermenge l/Sek.	75	30	
Mittlere Arbeiterzahl im Tag:			
ausserhalb des Tunnels	311	351	662
im Tunnel	475	771	1246
im ganzen	786	1122	1908

Nordseite. Im Tunnel wurde nur an Vollaushub und Mauerung gearbeitet. Die Bohrungen in den beiden Bohrtürmen im Gasterthal bei Km. 2,700 und Km. 2,870 begannen am 12. November und erreichten eine Tiefe von 17,50 m.

Südseite. Das neu erschlossene Gebirge besteht aus kristallinischen Schiefern mit Streichen N. 56° O. und Fallen 64° südlich. Der mit vier Ingersoll-Maschinen erzielte mittlere Tagesfortschritt betrug 5,34 m.

Die zweite Internationale Konferenz für das Ausstellungswesen hat in Brüssel vom 30. November bis 3. Dezember getagt. Es waren daran vertreten: Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Holland, Italien, Ungarn und die Schweiz. An der Konferenz wurde eine grosse